

UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Jaén

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN “VIADUCTO DE
HORMIGO PRETENSADO EN AUTOVÍA DE SIERRA
NEVADA A-44 VARIANTE EXTERIOR DE
GRANADA” UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA BIM
PARA EL DIMENSIONADO Y EL CONTROL DE
EJECUCIÓN.**

Alumno: D. JUAN ROBEDILLO ROMÁN

Tutor: Prof. D. José Manuel Valderrama Zafra

Dpto: Ingeniería, Diseño y Proyectos.



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don José Manuel Valderrama Zafra , tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: **Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución**, que presenta Juan Robledillo Román, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Julio de 2019

El alumno:

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer "Juan Robledillo Román".

D. Juan Robledillo Román

Los tutores:

Prof. D. José Manuel Valderrama Zafra

Índice.

1. RESUMEN.....	5
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	5
3. BIM <<Building Information Modeling>>	6
3.1 ¿Qué es BIM?	6
3.1.1 Cambio que supone BIM respecto al CAD.....	7
3.2 Metodología y Herramientas BIM	11
3.2.1 Niveles de BIM	11
3.2.2 Trabajo Colaborativo.....	13
3.2.3 IFC. Interoperabilidad.....	15
3.2.4 Modelado digital 3D	16
3.2.5 Modelado Paramétrico	16
3.2.6 LOD (Level Of Detail) o Nivel de desarrollo	17
3.3 Aplicaciones del BIM	20
3.3.1 Planificación y Gestión de proyectos	21
3.3.2 Mediciones y control de costes	22
3.3.3 Estructura e instalaciones	25
3.3.4 Análisis y estudio de eficiencia	26
4. CASO PRÁCTICO: <<VIADUCTO DE HORMIGÓN PRETENSADO EN CARRETERA DE SIERRA NEVADA A_44 VARIANTE EXTERIOR, (VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES)>>	27
4.1 Software:	27
4.1.1 Autodesk© Revit®.....	27
4.1.2 Autodesk© Infraworks®	28
4.1.3 Autodesk© Recap PRO®.....	29
4.1.4 Autodesk© Civil 3D®	30
4.1.5. Autodesk© Robot®	32
4.1.6. Autodesk© NavisWorks®.....	32
4.2. Extracción de Datos	33
4.3. Tratamiento previo de datos extraídos y descarga de datos auxiliares.	34
4.3.1. Descarga de datos lidar.	34
4.3.2. Obtención de datos LAS con LasTools®	36

4.3.3. Generación de MDT con Civil 3D® y exportación como archivo de curvas de nivel 3D.	38
4.4. Visualización y Pre-Modelado genérico del trazado con Infracore®	43
4.5. Modelado en Revit®	45
4.5.1. Creación del proyecto en Revit®.	45
4.5.1.1. Plantilla Estructural	46
4.5.1.2. Configuración de entorno y sistemas de referencia.....	47
4.5.1.3. Establecimiento de fases del proyecto.	48
4.5.2. Creación de familias de objetos en Revit®.	49
4.5.2.1. Vigas de hormigón armado pretensado.....	51
4.5.2.2. Estribos de hormigón armado.....	51
4.5.2.3. Apoyos de neopreno.....	55
4.5.2.4. Tablero de hormigón armado.	57
4.5.2.5. Pretiles Metálicos.....	58
4.5.3. Importación de datos topográficos al proyecto.	58
4.5.4. Carga de familias generadas al proyecto en Revit®	59
4.5.5. Refuerzo estructural de elementos según la descripción del proyecto. 60	
4.5.6. Importación de modelo 3D a CIVIL3D® para la generación de MDT modificado.....	63
4.5.7. Generación de MDT modificado a partir de polilínea 3D generadas en CIVIL 3D®	64
4.6. Análisis estructural básico en Revit®.	67
4.6.1. Importación automática a Robot®	68
4.7. Planificación y control de ejecución por medio de NavisWorks®	70
5. Conclusiones.	72
6. Referencias Bibliográficas.....	73
7. Anexos.	76
ANEXO I: Planos del Modelo en Revit®	76
ANEXO II: Planos descriptivos de la estructura "Viaducto de Hormigón pretensado Barranco de los Barrancones".....	76
ANEXO III: Reporte de planificación en NavisWorks®	76
ANEXO V: Diagrama de carpetas y contenidos asociados al estudio técnico.	76

1. RESUMEN

A día de hoy es una realidad latente la evolución que ha sufrido la metodología de trabajo en la creación y ejecución de proyectos de ingeniería en infraestructura. El <<Bridge Information Modeling>> "BIM" ha supuesto una revolución en la planificación, ejecución y control de proyectos de ingeniería de infraestructura de todo el mundo, se trata de una filosofía de trabajo colaborativa a la que se asocian la creación de nuevas herramientas de trabajo, capaces de interconectarse para colaborar entre si y ofrecer una unión entre los diferentes fases de un proyecto de ingeniería de infraestructura que hasta el momento era inimaginable.

Esta variante de BIM nace de la óptima implantación del <<Building Information Modeling>> en la rama arquitectónica y se traslada al sector de la ingeniería civil, donde el BIM se ha visto respaldado desde un principio tanto por empresas del sector como por la administración pública.

Esta nueva forma de trabajo se ha visto abrazada por la rápida respuesta del mercado y el sector, cuyas empresas han sabido ofrecer rápidamente un gran abanico de software específico que se adapta a la metodología de trabajo y proporcionan un valor añadido al proyecto.

Del mismo modo los organismos oficiales han apostado por la nueva metodología para la materialización de nuevos proyectos, esto ha repercutido directamente en la figura de *Project Manager* y las empresas especializadas del sector que se encuentran inmersos en un proceso de adaptación y reciclaje respecto a los medios tradicionales.

Adentrándonos en este enclave es interesante el análisis comparativo de ambas metodologías de trabajo, llevando a cabo la implementación de un pequeño fragmento de un proyecto latente a día de hoy planeado con medios tradicionales y trasladado a esta nueva filosofía.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo fundamental de estudio es realizar un pequeño análisis comparativo entre la metodología empleada tradicionalmente para el planeamiento de proyectos de ingeniería y las nuevas posibilidades que ofrece la metodología BIM, para ello se ha extraído un fragmento correspondiente a un viaducto de hormigón pretensado del proyecto de ingeniería <<AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA TRAMOS LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) – ALHENDIN>>, la documentación extraída se anexará al presente estudio y será empleada para la traslación del proyecto al sistema BIM.

Para materializar los objetivos del estudio se considera indispensable hacer una correcta introducción a la filosofía BIM y señalar las diferencias más notorias al antiguo sistema de trabajo.

Para la implementación de dicho proyecto se emplearán diferentes software interconectados de la casa Autodesk®, esto hace indispensable realizar una explicación detallada en cada una de las fases del proyecto para cada herramienta por lo que se acometerá una breve explicación de las funciones básicas, objetivos e interoperabilidad de cada uno de los software.

El estudio hará hincapié en como la metodología aporta herramientas valiosas a la hora de afrontar la correcta ejecución del proyecto. Para esto nos detendremos en la explicación y análisis de diferentes herramientas y posibilidades que los software empleados y la propia metodología puede aportar.

3. BIM <<Building Information Modeling>>

3.1 ¿Qué es BIM?

BIM (Building Information Modeling) es una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de edificación a través de una maqueta digital. Esta maqueta digital conforma una gran base de datos que permite gestionar los elementos que forman parte de la infraestructura durante todo el ciclo de vida de la misma.

La metodología BIM está suponiendo una verdadera revolución tecnológica para la cadena de producción y gestión de la edificación y las infraestructuras. Esta herramienta permite construir de una manera más eficiente, reduciendo costes al tiempo que permite a proyectistas, constructores y demás agentes implicados trabajar de forma colaborativa.⁽¹⁾

Esta metodología salta al campo de la obra civil y la infraestructura con el nombre de **Bridge Information Modeling** manteniendo su esencia e implementando una forma de estructurar los proyectos de ingeniería civil.

Otro de sus grandes atractivos reside en la posibilidad de coordinar de manera eficiente a todos los actores participante en el proyecto, esto da lugar a lo que se denomina "trabajo colaborativo". De esta manera se consigue que los diferentes profesionales involucrados en un mismo proyecto puedan trabajar sobre el mismo a la vez, teniendo así toda la información coordinada y actualizada en tiempo real.

De esta forma queda obsoleto el método de representación basado en dibujos bidimensionales que representan elementos constructivos, los software basados en BIM permiten dibujar y crear elementos, con sus dimensiones, características y atributos específicos, ya sean físicos, técnicos, comerciales, de mantenimiento, etc.

A todo lo descrito se le añaden numerosas aplicaciones que se asocian a la metodología, las cuales pretenden satisfacer numerosas necesidades;⁽²⁾

- ✚ Como herramienta también de negocio, busca dar soporte a gran variedad de decisiones estableciendo criterios de elección de alternativas a la hora de realizar inversiones, comparando la funcionalidad, el alcance y los costes de las soluciones, para posteriormente calcular rentabilidades.
- ✚ Proporcionar criterios medioambientales, permitiendo análisis comparativos de requisitos energéticos y medioambientales, para elegir soluciones de diseño más eficientes y marcar objetivos para el seguimiento posterior de la explotación de la obra ejecutada y sus servicios.
- ✚ Visualización del diseño, permitiendo entender rápidamente la idea del proyecto y sus dimensiones o, como también, una herramienta de *márketing* de los activos.
- ✚ Estudios de viabilidad de la construcción, obteniendo de manera rápida los costes estimados que incurren el proyecto y los plazos de construcción previstos.
- ✚ Establecer estándares de la calidad de la información y del intercambio de datos para hacer el proceso de diseño y construcción más efectivo y eficiente.
- ✚ Uso de los datos del proyecto del edificio durante las obras de ejecución, así como también en las posteriores fases de explotación y mantenimiento.

3.1.1 Cambio que supone BIM respecto al CAD

Ante este planteamiento lo primero que se ha de proporcionar es una correcta definición de CAD; CAD o diseño asistido por ordenador, permite el diseño y la realización de la documentación gráfica de un proyecto. Con este sistema se puede trabajar en 2D o 3D, y es empleado tanto en el sector de la construcción como en el sector industrial. Las aplicaciones CAD imitan los procesos tradicionales con lápiz y papel, como líneas o tramas, pero con mayor precisión.

El nuevo concepto que se presenta rompe con todo el sistema anterior, son destacables las diferencias y mejoras que presenta el BIM frente al CAD;

✚ CAD 2D contra BIM 3D: Ahorro de Tiempo

Con el BIM el proyectista no tendrá que empeñar mucho tiempo en dibujar cantidades infinitas de líneas, polilíneas y formas geométricas; solo tendrá que

insertar los objetos BIM que son dotados de específicas propiedades e informaciones de vario tipo (materiales, costes, características térmicas, mantenimiento, etc.)

Todo se traduce en un considerable ahorro de tiempo.

CAD 2D contra BIM 3D: Reducción de errores

Con el BIM, plantas, alzados y secciones son simples vistas del mismo objeto. El proyectista podrá ver todas las vistas contextualmente y elegir de operar sobre aquella que desea observando las actualizaciones en todas las otras vistas. Además, cualquier cambio realizado al modelo BIM, se refleja en todos los planos.

Por ejemplo, el simple cambio a un remate exterior de la fachada, lleva al cambio de la transmitancia de la pared, del coste y eventualmente también de la carga estructural.

Todo esto permite al proyectista evitar errores y tener el proyecto siempre actualizado con las últimas variaciones a pasar de donde se hayan realizado.

CAD 2D contra BIM 3D: Más sencillez

Gracias a la tecnología BIM, resulta más simple generar modelos también muy complejos.

De hecho el técnico será capaz de diseñar obras que antes ni siquiera hubiera imaginado poder realizar con un CAD 2D.

CAD 2D contra BIM 3D: Integración entre disciplinas

El utilizo del BIM agranda el horizonte: el modelo BIM 3D, de hecho, puede enriquecerse con toda una serie de informaciones que permiten realmente integrarse con:

- cálculo estructural
- cálculo de prestaciones energéticas
- mediciones y presupuesto
- instalaciones
- mantenimiento⁽³⁾

Todos estos puntos se hacen clave a la hora de optimizar el desarrollo de un proyecto y con el sistema basado en CAD existente hasta el momento la optimización de esfuerzos por parte del equipo redactor pasaba a ser una tare compleja debido al propio desarrollo y coordinación entre las diferentes entidades que participan en la redacción del proyecto, es decir; El equipo rector del proyecto ha de coordinar de manera efectiva el desarrollo del mismo con todos los profesionales que intervienen, calculistas, proyectistas, diseñadores especializados, etc.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

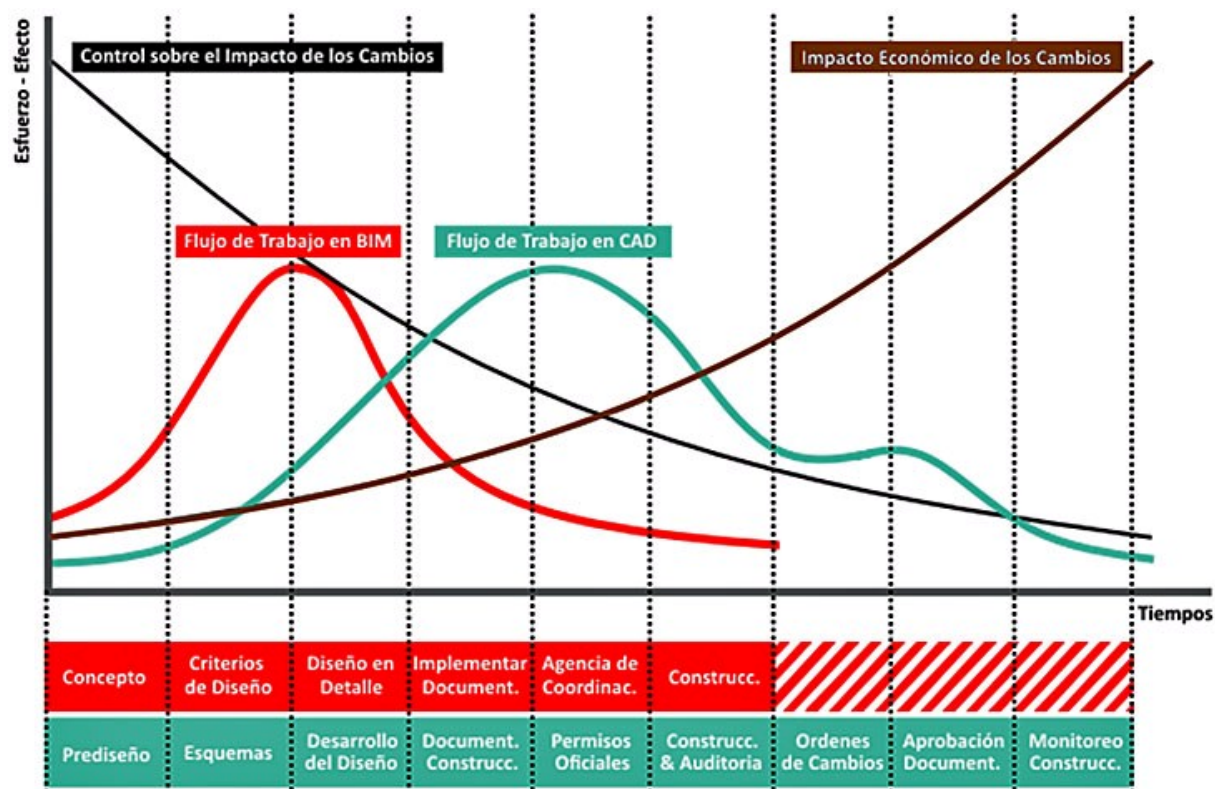


Imagen 1: Gráfica sobre el desarrollo de Efecto y Esfuerzo del desarrollo de un proyecto en BIM frente al CAD tradicional.

Fuente: <http://ingeaprende.teachable.com/blog/4436/que-es-bim>.

En la imagen 1 se aprecia como el pico de esfuerzo en CAD se prolonga en el tiempo de manera más acentuada que frente a BIM, además de observar que la vida del proyecto se acorta y por tanto se reducen costes de manera considerable en el proceso de trabajo con BIM.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigón pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

Concepto	CAD	BIM
<i>Dibujo</i>	Entidades geométricas: ▪ Líneas ▪ Círculos ▪ Polígonos ▪ Sólidos ▪ Superficies ▪ Otros	Elementos constructivos con propiedades: ▪ Muros ▪ Puertas/ventanas ▪ Pilares ▪ Cubiertas ▪ Terrenos ▪ Otros
<i>Relación plantas – secciones – alzados – modelo 3D</i>	Son entidades independientes a las que hay que aplicar cambios por separado: ▪ En el mismo archivo ▪ Distintos archivos (con o sin referencias)	Existe un único modelo del que se extraen representaciones. Cualquier cambio en el modelo cambia las representaciones.
<i>Datos asociados</i>	Bloques con atributos (poco utilizados, tienen limitaciones)	▪ Propiedades de los elementos (precios unitarios, materiales, gravedad...) ▪ Calculados (superficies, volúmenes...) ▪ Propiedades de los planos
<i>Informes</i>	Calcular datos y exportarlos a otros softwares	Generados automáticamente y vinculados (pueden cambiarse datos en informe o en modelo)
<i>Trabajo en grupo</i>	No hay Soluciones improvisadas: un archivo, una persona y relacionar archivos con Xref	Métodos cambian según la aplicación: ▪ Posibilidad de trabajar en zonas/capas concretas ▪ Permisos/usuarios

Tabla 1: Esquema de diferencias entre la metodología BIM y CA

Fuente: <https://prezi.com/qqt27qgvttssc/introduccion-albim/>.

Independientemente de la indiscutible tendencia a la implementación del BIM en los sectores constructivos y de ingeniería, son reseñables los numerosos estudios que reflejan el esfuerzo de adaptación que se ha de acometer por el usuario para la implementación del sistema al desarrollo óptimo del trabajo. A esto se le añade la reversión en la focalización de esfuerzos por parte del equipo de trabajo. Esto se materializa en una mayor dedicación a la fase de diseño, esta fase se ha de implementar y depurar de manera escrupulosa, este esfuerzo invertido reduce en gran medida los procesos posteriores a esta fase y mejoran de manera exponencial la capacidad de para generar documentación. De manera contraria ocurre con los modelos elaborados en CAD, estos requieren pocos recursos en su inicio pero presentan mayor dificultad a la hora de recopilar y elaborar documentación final.

La mayoría de profesionales actuales se encuentran en un momento de adaptación a la nueva metodología, a esto se le añade la inexistencia de unas pautas de trabajo establecidas y arraigadas que estén asociadas a esta metodología de trabajo, esto repercute en la decisión que ha de tomar un equipo de proyectistas a la hora de decidir la metodología que se va a emplear, dándose el caso que la falta de experiencia y el poco arraigo al sistema repercute en negativamente en los tiempos necesarios para acometer un determinado proyecto. Puede incluso a llegarse el caso de que un determinado equipo de trabajo que ha decidido realizar un proyecto en BIM se plantee retornar al antiguo sistema de CAD debido a la

inexperiencia del equipo y la posibilidad de encontrar inconvenientes poco depurados por los profesionales del sector.

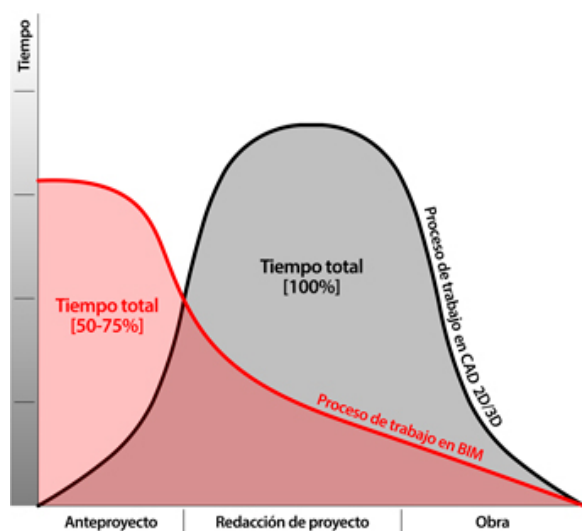


Imagen 2: Tiempos de realización de proyecto en base al tiempo empleado por el sistema CAD

Fuente: <https://sobredos.com/licitaciones-bim-infografias-3d/>

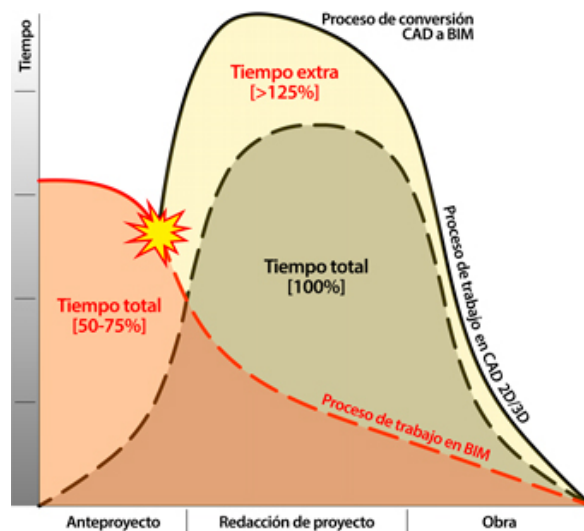


Imagen 3: Tiempo ejecución de un proyecto iniciado en BIM y terminado en CAD

Fuente: <https://sobredos.com/licitaciones-bim-infografias-3d/>

3.2 Metodología y Herramientas BIM

3.2.1 Niveles de BIM

Los niveles de madurez y desarrollo de BIM han sido ampliamente discutidos por distintos autores (Kassem y otros 2014; Succar 2009). El BewRichards BIM Maturity Model (ver Figura 1) (Bew y Richards 2008) es el modelo más utilizado en la industria o en las organizaciones y es el adoptado por el Reino Unido. Este modelo identifica el "Nivel 0" como aquel en el que se utiliza todavía el CAD como sustituto de los planos tradicionales en papel. El "Nivel 1" comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción, incluyendo los generados por sistemas CAD, usando un proceso normalizado para la colaboración. El "Nivel 2" supone la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de las distintas disciplinas del proyecto y los datos asociados. Por último, el "Nivel 3" supone la integración de los datos en servicios web que permitan la colaboración y la interoperabilidad. Es el nivel más avanzado por el momento. Tanto el nivel 2 como el 3, presentan implicaciones legales que están siendo objeto de mucha atención en distintos estudios científicos y técnicos (Olatunji, 2011).⁽³⁾

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

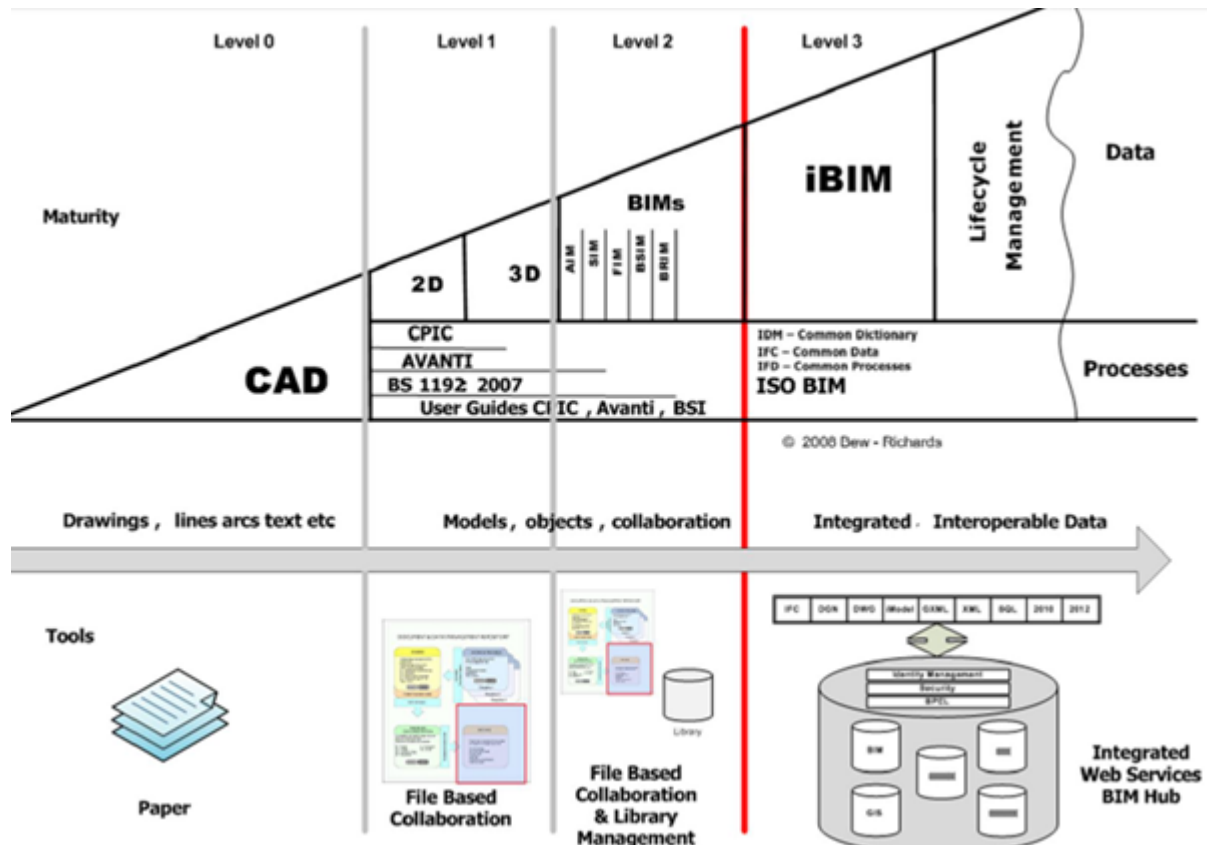


Imagen 4: Gráfica que refleja el nivel de desarrollo que sufre el sistema BIM y distingue entre distintos niveles.

Fuente: <http://jguillen07.blogspot.com/2015/11/niveles-de-madurez-y-dimensiones-del-bim.html>.

Este nuevo contexto de gestión de proyectos centrado en un modelo único ha dado lugar a lo que se denominan las dimensiones BIM:

- ✚ **2D (Drawing)** se refiere a los planos CAD tradicionales (líneas, imágenes, rendering).
- ✚ **3D (Model)** supone disponer de un modelo 3D que nos permita navegar por él, detectar colisiones, realizar simulaciones a nivel inicial de las fases de obra o permitir montar una maqueta virtual. Es un modelo orientado a objetos (Columnas, Vigas, Muros, etc.), que representará toda la información geométrica del proyecto de forma integrada.
- ✚ **4D (Time)** añade la programación detallada de obra, con información de las actividades previstas. Nos permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción, diseñar el plan de ejecución.
- ✚ **5D (Cost)** Abarca el control de costos y estimación de gastos de un proyecto, va directamente relacionado a mejorar la rentabilidad del proyecto. Se definen

cantidad de materiales y costos, organización de gastos y estimación de costos operativos para la fase de uso y mantenimiento.

- ✚ **6D (Green BIM)** La sexta dimensión de BIM (en ocasiones llamada Green BIM o BIM verde), nos brinda la oportunidad de conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción.
- ✚ Nos permite crear variaciones e iteraciones en la envolvente, los materiales utilizados, el tipo de combustible utilizado para enfriar/calentar el proyecto, teniendo en cuenta incluso su situación, su posición, su orientación y muchos aspectos más.
- ✚ **7D (BIM FM)** Permite gestionar el ciclo de vida de un proyecto y sus servicios asociados. Le da el control logístico, operacional, del proyecto durante el uso y mantención de la vida útil; logrando la optimización de los procesos importantes tales como inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc.⁽³⁾



Imagen 5: Estructura piramidal que refleja los diferentes niveles de BIM.

Fuente: <http://jguillen07.blogspot.com/2015/11/niveles-de-madurez-y-dimensiones-del-bim.html>.

3.2.2 Trabajo Colaborativo

La gran ventaja del trabajo colaborativo BIM es que permite que todos los agentes implicados en un mismo proyecto pueden encontrarse en la misma oficina, o bien estar deslocalizados, en oficinas, ciudades e incluso países diferentes, y esto se debe a que el proyecto central sobre el que todos ellos se encuentran trabajando está localizado en un servidor al cual los diferentes profesionales se conectan haciendo uso de internet.

Bajo esta premisa, la metodología de trabajo colaborativo BIM que se aprende en cursos de BIM, ha ido adquiriendo una creciente importancia con el transcurso de los años pues las ventajas aportadas resultar enormes.

Profesionales del sector de la construcción, del sector de la arquitectura y del sector de la ingeniería, pueden introducir los datos y/o modificaciones que sean necesarias en el proyecto, sin importar el momento o el lugar en el que se encuentren. Estos cambios, a su vez, modificarán todos aquellos elementos a los que afecten de forma automática, y estarán disponibles en tiempo real para todos los usuarios. Así, esta idea de trabajo en grupo colaborativo supone un increíble ahorro de esfuerzo y tiempo, a la vez que permite a los profesionales dejar de lado el trabajo más "pesado" para centrarse en aspectos de mayor importancia.

En el trabajo con BIM, la potenciación de conceptos tales como comunicación, simulación, optimización, sinergia, simultaneidad de procesos, integración, interacción, toma de decisiones o análisis entre otros muchos alcanzan su máxima expresión incrementando la eficacia y la eficiencia en lo que a gestión de recursos de todo tipo se refiere y llevando el proyecto hacia una esfera de totalidad integrada que es mucho más que la suma de los trabajos individuales.⁽⁴⁾

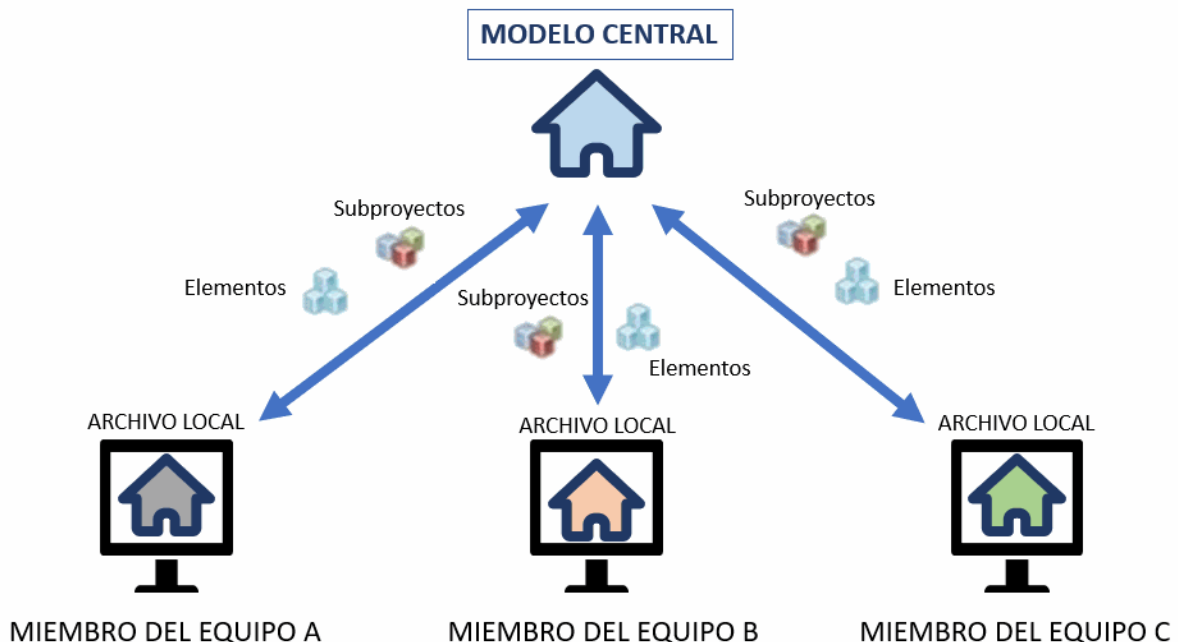


Imagen 6: Esquema de trabajo colaborativo BIM.

Fuente: <https://www.msistudio.com/como-empezar-con-el-trabajo-colaborativo-en-revit-parte-1/>

3.2.3 IFC. Interoperabilidad

Un aspecto clave en BIM, la interoperabilidad, es probada cuando múltiples diseñadores trabajando con archivos de diferentes formatos requieren intercambiar información de forma rápida y precisa. Por ello, la transferencia de información (geométrica y no geométrica) se realiza desde una extensión común, llamada IFC (Industry Foundation Classes).

Desarrollado por buildingSMART International, el IFC es parte fundamental de la práctica openBIM, que tiene como objetivo permitir que la compatibilización de flujos sea el foco en lugar de la compatibilización de datos; es decir, que el flujo trabaje independientemente del software o fabricantes elegidos por cada diseñador.

buildingSMART tiene una lista de aplicaciones Industry Foundation Classes certificadas. Allí, los usuarios pueden comprobar si el software utilizado en sus proyectos soporta un flujo openBIM, si el flujo en sí es compatible con este proceso o, incluso, predecir obstáculos futuros y prever ya una solución.

Actualmente, los principales usos de IFC son la compatibilidad de los proyectos y la planificación de las fases de ejecución de la construcción. Además, muchos diseñadores utilizan esta solución cuando trabajan con software diferentes, como arquitectos que utilizan soluciones como AECOsim o Archicad e ingenieros que utilizan Revit o DDS-Cad.

En las fases de compatibilidad y comprobación de estándares, el software Solibri es una plataforma gigante que hace un uso óptimo de IFC, así como de Navisworks y Navigator. Todos tienen sus extensiones nativas, pero dan esta opción y flexibilidad al flujo de un proyecto.

El IFC permite una excelente compatibilidad geométrica en un entorno común y la exportación para el análisis en otro software; sin embargo, la exportación de la información presente en los modelos no siempre es perfecta.⁽⁵⁾



Imagen 7: Esquema de transformación entre archivos del entorno BIM.

Fuente: <https://comitebimbolivia.com/2018/12/03/las-razones-porque-openbim-es-necesario/>

En la actualidad se siguen desarrollando alternativas en cuanto a formatos y sistemas que fomenten la interoperabilidad entre las diferentes herramientas que trabajan en el entorno BIM, un claro ejemplo de esto puede ser COBie (Construction Operations Building Information Exchange), tal y como su nombre indica, es un formato de intercambio de información para asegurar la colección de datos desde la fase de diseño y construcción hasta la transferencia de datos para la gestión del FM.⁽⁶⁾

3.2.4 Modelado digital 3D

A diferencia del software de representación CAD, las herramientas de modelado BIM permiten dibujar y trabajar directamente con figuras 3D, permitiendo modelar con la misma secuencia y lógica con la que vamos a construir. Pero no únicamente obtenemos un modelo tridimensional, sino que también, a través del mismo es posible sacar toda la documentación gráfica de un proyecto, incluyendo planos de plantas, alzados y secciones. Esto cambia radicalmente la composición de nuestros planos, lo que antes eran únicamente líneas y figuras geométricas planas, se convierte en sistemas y elementos constructivos.⁽⁷⁾

Una de las principales consecuencias de trabajar en un único modelo y a partir del mismo sacar los planos es que existe una vinculación directa entre el modelo y los planos. Explicado de una manera más entendible, cualquier modificación que se realice en el modelo queda repercutida en todos los 29 planos, actualizándose instantáneamente. Este hecho acaba con las interminables y laboriosas modificaciones y actualizaciones de proyectos realizados con herramientas CAD. Trabajar desde un principio en 3 dimensiones también facilitará a los profesionales integrantes de un proyecto y a los promotores a tener una mayor capacidad de decisión y evitar tantos cambios durante la fase de ejecución.

En conclusión, este gran avance nos permite ahorrar tiempo en la delineación de los planos, porque ya no hemos de interpretar cada sistema constructivo mediante un compuesto de líneas, sino que ya trazamos cada sistema constructivo en 3D y éste puede estar prediseñado muchas veces por el propio fabricante. Al ser cada elemento que introducimos un sistema real, tal y como será en la realidad, hace que el proyecto sea muy intuitivo y podamos anticiparnos a los posibles errores que puedan surgir en el futuro.

3.2.5 Modelado Paramétrico

Las claves del BIM no residen únicamente en la forma de representación y creación de la documentación gráfica, sino tal y como indica el mismo nombre, la

información es un pilar básico de la metodología. A la hora de dibujar, ya se ha dicho que no dibujamos líneas sino elementos, pero al mismo tiempo, éstos no están vacíos de significado, de ellos cuelga toda aquella información que le queramos adjuntar: dimensiones, propiedades físicas, precios, mediciones, proveedores...

Con la metodología BIM se trabaja bajo un modelo 3D lleno de información útil para todos los agentes involucrados durante todo el ciclo de vida del edificio, desde los promotores, despachos de arquitectura, ingenierías, constructoras, administraciones públicas, gestores de inmuebles e incluso para los usuarios finales.

Los mismos softwares de representación BIM contienen bibliotecas genéricas de sistemas y elementos constructivos para que podamos empezar a proyectar con cada uno de los comandos de trabajo que ofrecen los programas, aunque muchos de éstos por defecto sean sistemas vacíos de características técnicas, es decir, genéricos.⁽⁷⁾

Cuando una empresa o despacho empieza a trabajar en BIM tiene que previamente organizarse y decidir qué y cómo va estructurar su biblioteca de objetos paramétricos o familias, de manera que vaya creciendo a medida que se vayan realizando proyectos. Una vez se obtenga una biblioteca lo suficiente amplia y detallada, se ganará en eficiencia de trabajo al no perder tiempo en generar y desarrollar familias de nuevo para cada proyecto.

3.2.6 LOD (Level Of Detail) o Nivel de desarrollo

LOD (Level of Development) define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio.

Conviene aclarar que el LOD en ningún caso se refiere a la totalidad del proyecto y tampoco tiene vinculación con la fase de desarrollo o construcción.

Todos los niveles están determinados por: requerimientos de contenido del elemento, usos autorizados (análisis), coste, programación, coordinación, otros

LOD 100

Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto, con el grado de definición definido por:

El elemento objeto puede estar representado por un símbolo o representación genérica. No es necesaria su definición geométrica aunque este puede

depender de otros objetos definidos gráfica y geométricamente. Muchos elementos pueden permanecer en este nivel de desarrollo en fases muy avanzadas del proyecto.

LOD 200

Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

El elemento objeto está determinado por su posición y ya posee una definición geométrica no completa. Tiene los datos aproximados de dimensiones, forma, ubicación y orientación. Su uso está vinculado a elementos genéricos o cuyas definiciones detalladas vienen dadas por agentes externos al proyecto. Es el LOD más bajo en el que se indica la posibilidad de incluir información no gráfica de un elemento, como puede ser el coste real (no estimado del LOD 100), así como características de envolventes, pesos, fabricantes y manuales de mantenimiento.

LOD 300

Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

LOD 350

Equivalente al nivel LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos.

Es propio de proyectos complejos desarrollados independientemente por disciplinas u otra desagregación de proyecto específica.

Afecta al análisis, Programación y coordinación del proyecto. Ocasionalmente, al coste por elemento y conjunto.

Habitualmente, modifica la totalidad del proyecto respecto a LOD 300 según criterios definidos en los que suele ser prioritario el respeto a la estructura frente a instalaciones, y estas frente a arquitectura. Requieren de una perfecta coordinación entre todos los agentes y las distintas disciplinas y subdisciplinas para una correcta ejecución en obra y una drástico reducción de errores y modificaciones en esta.

LOD 400

El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detallado completo, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

LOD 500

El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento. Se verifica la información de este nivel en relación al proceso constructivo finalizado ("as built") y no es aplicable a todos los elementos del proyecto. El criterio válido será definido por la propiedad y las normativas correspondientes. La información de este nivel sustituye a las equivalentes de otros niveles inferiores en todos los casos. Elementos del modelo pueden estar definidos a nivel de LOD 500 sin haberlo hecho en niveles anteriores y se incluirá siempre el autor del mismo como agente responsable de su ejecución.

Más niveles LOD

El documento G202 permite al usuario la creación de nuevos niveles de LOD, empiezan a surgir a partir de esto nuevos niveles como el LOD 600 o LOD 700.

LOD 600

El elemento objeto no está definido geométricamente en detalle, pero sí lo están sus condiciones de reciclado, como materiales propios, toxicidad, vida útil, básicas, distancia a puntos de fabricación/reciclaje, peso y volumen, formas de traslado y desmontaje, etc. Está basada principalmente en información no gráfica vinculada al elemento.⁽⁸⁾

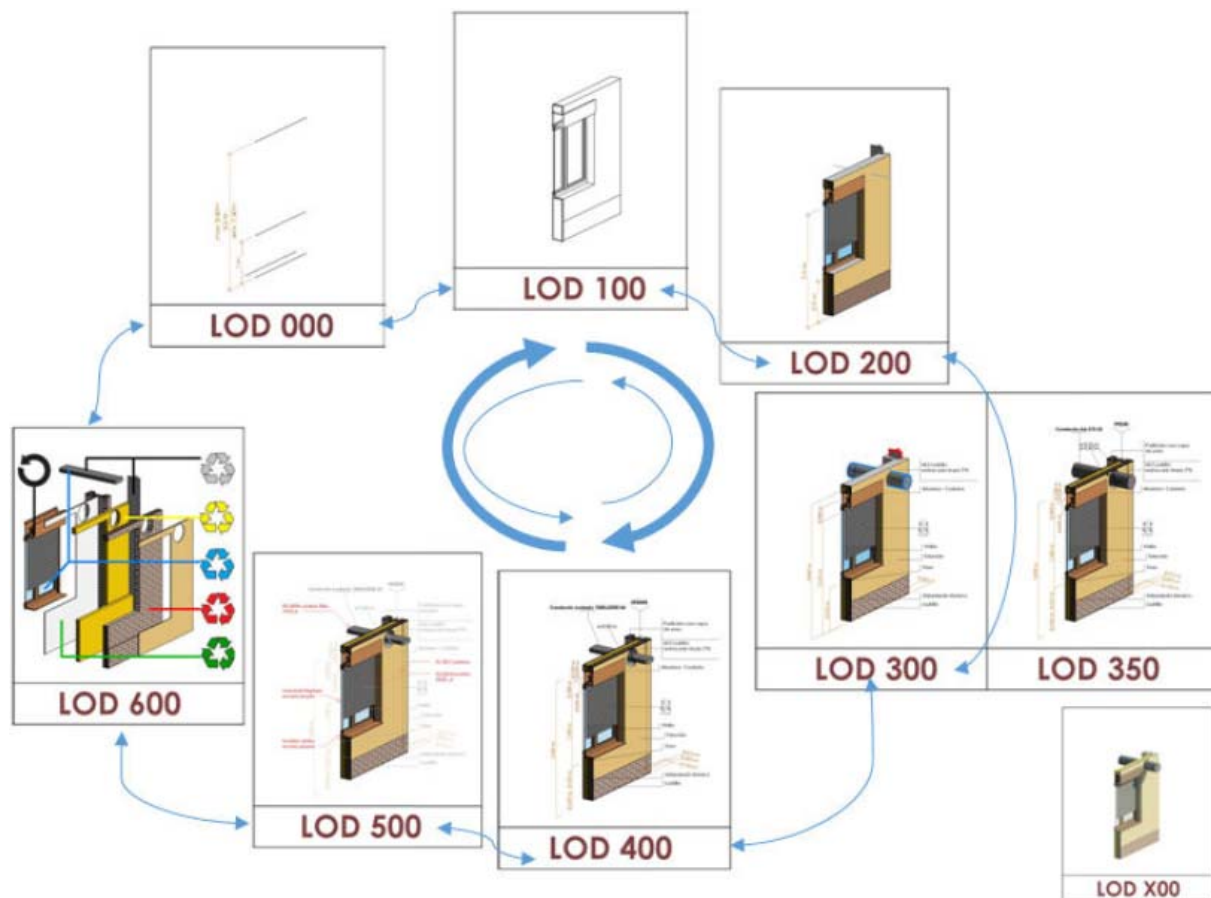


Imagen 8: Esquema de paso por los diferentes niveles de detalles asociados a BIM.

Fuente:

https://escuelaedificacion.org/images/zoo/uploads/PDF/PRESENCIALES/MBIM/Revista_Building_Smart_JAM_Art.pdf

3.3 Aplicaciones del BIM

La concepción del BIM abarca todas las fases por las que pasa un proyecto, en esta idea va implícita la posibilidad de gestionar en un mismo modelo las diferentes posibilidades de explotación de la información del mismo,

De esta forma en un mismo modelo no solamente se almacenará la información necesaria para generara documentación gráfica sino que almacenará y gestionará información con la que es posible trabajar desde multitud de puntos de vista.

Dentro de esta idea se recoge lo que se denomina las dimensiones del BIM; estas dimensiones agrupan diferentes atributos significativos para el proyecto planteado;

Las dimensiones se separan por;

- **3D**: representación tridimensional del artefacto
- **4D**: análisis de la duración
- **5D**: análisis de costos
- **6D**: evaluación de la sostenibilidad
- **7D**: fase de gestión de lo realizado

3.3.1 Planificación y Gestión de proyectos

Dentro de las aplicaciones con más potencial en el sistema BIM destaca la posibilidad de extraer del modelo la planificación y simulación del proceso constructivo del proyecto, lo que anteriormente se ha denominado la 4D del entorno BIM. Esto se hace palpable en la vinculación que posibilita el sistema con actividades propias de la dirección de obra.

Al disponer de una simulación de las diferentes fases constructivas, es posible en primera instancia la identificación de conflictos potenciales inherentes en el proyecto. A la vez esta simulación comprueba la compatibilidad entre diferentes tareas en el espacio-tiempo lo que repercute en una mejora sustancial para el proyecto. Esto enmarcado en la filosofía colaborativa del sistema permite una ventana entre los diferentes actores del proyecto para la gestión de tiempos y tareas, pudiendo todos los actores intervenir de una manera similar.

Conocemos los métodos tradicionalmente utilizados en la construcción (**diagrama de Gantt** y **Pert**, etc.) para planificar la duración de una obra o en general de un contrato y conocemos muy bien sus límites y problemas:

- La pérdida de información en la transmisión de datos entre el diseñador y la empresa.
- La falta de comunicación entre el jefe de obra y los proveedores.
- La llegada a tiempo y la organización adecuada de los materiales en la obra.
- El estado de ejecución de la obra.

Estas son algunas de las razones que causan retrasos e inoperatividad, obligando a revisar cuanto planificado hasta ese momento.

Además la necesidad de reducir, gestionar y reorganizar el tiempo del contrato de manera dinámica y abierta a evaluaciones analíticas puede encontrar respuesta en el uso de nuevas herramientas y nuevas metodologías.

La realización del **“WBS – Work Breakdown Structure”**, permite el desglose analítico de un proyecto en partes elementales planeadas específicamente para conectarse con lo que se ha modelado. De esta manera es posible extraer, organizar y visualizar fácilmente el progreso de la obra representando una de las formas de innovar la gestión de esta dimensión.⁽¹³⁾

3.3.2 Mediciones y control de costes

La gestión de costes es otro aspecto fundamental en la construcción. BIM permite vincular unos costes al modelo, los cuales nos proporcionará la cantidad de materiales que son necesarios para construir el modelo. Estos valores se pueden obtener desde las primeras etapas de diseño, y van evolucionando a la par que el proyecto.

El control de costos es de especial relevancia en el desarrollo de las obras, donde se pueden generar informes de las certificaciones mensuales.

La ventaja del presupuesto es que está compuesto por los mismos elementos que el modelo por lo cual con una asignación en los costes se actualiza todo, la desventaja es que no todo se modela como pueden ser los medios auxiliares como encofrados, por lo que se ha de considerar en las partidas o añadirse posteriormente.⁽¹⁴⁾

Para la extracción de mediciones de un modelo es necesario que se cumplan y se tengan en cuenta una serie de requisitos. En primer caso, uno de los atributos del modelo más importante para una correcta extracción de mediciones es la consistencia del modelo: es necesario que todos los elementos constructivos se modelen a partir de requisitos BIM y que el método empleado en el modelado se documente en las especificaciones BIM. El simple hecho de realizar el modelado de manera distinta en diversas partes puede dar lugar a dificultades.

Tal y como se ha visto anteriormente, existen diferentes niveles de definición BIM o en inglés LODs. El nivel de detalles del BIM quedan descritos en los requerimientos del modelo según la fase en que se encuentre, contenidos en el *BIM Project Execution Plan* o en castellano Plan de Ejecución BIM, documento explicado en detalle en capítulos posteriores. El mismo nivel de detalles determina el nivel de precisión de las mediciones extraídas.

Puede darse la situación que los modelos arquitectónicos, de estructura y de instalaciones se encuentren en niveles distintos de definición. Para evitar extracciones de mediciones incorrectas, es necesario que el especialista sea conocedor del nivel de extracción BIM y qué elementos no se deben tener en cuenta.

La información de medida que es usualmente empleada en la extracción de mediciones es la siguiente:⁽¹⁵⁾

- Número de elementos.
- Medida de longitud (longitud, perímetro, altura).
- Medida de área (área de superficie neta, área de superficie bruta).
- Medida de volumen (volumen neto, volumen bruto).
- Peso (peso neto, peso bruto).

El modo de intercambio de la información utilizada en el proyecto y la aplicación de software empleada para la extracción de mediciones afecta al listado e información de mediciones obtenida. Usualmente, el contenido de información BIM es más completo en el formato del archivo original BIM, por lo que se recomienda emplear el mismo modelo original para la extracción de mediciones siempre que fuera posible. En el caso de que el software empleado requiera de un archivo en formato IFC, el técnico a cargo de las mediciones deberá verificar que los elementos constructivos han sido exportados al archivo IFC de manera correcta y completa y que la herramienta empleada para su extracción se capaz de procesar los elementos contenidos en el archivo IFC.

Al resultar un proceso repetitivo y de fácil realización una vez se ha comprobado la compatibilidad de los elementos del modelo con el software de extracción, es posible analizar los cambios en las mediciones durante las fases de diseño y construcción. La frecuencia de control del estado de mediciones dependerá de las necesidades del proyecto.

Es esencial emplear una nomenclatura específica para cada proyecto, de manera que cada tipo de construcción o elemento de cada instalación están especificados mediante un identificador. Los sistemas de nomenclaturas más utilizados en construcción e ingeniería son los listados a continuación: ⁽¹⁵⁾

- Nomenclatura de proyecto Talo 2000.
- Nomenclatura de fabricación/producción Talo 2000.
- Nomenclatura de producto Talo 2000.
- Nomenclatura HVAC 2010
- Nomenclatura eléctrica S2010

Durante la fase de diseño resultará interesante la extracción de valores fundamentales, tales como superficie bruta del proyecto en cuestión, volumen y superficie de fachada. También será posible realizar la extracción y clasificación de superficies de los espacios según los usos establecidos. En fases tempranas de diseño, la medición de áreas puede ser también empleada para la estimación de superficies para la venta o alquiler, tareas de comercialización.

Es usual el empleo de mediciones durante las fases de licitación y obra basadas en el rendimiento y recursos, momento en el coexisten el modelo arquitectónico, de estructura, de instalaciones, el modelo de planificación general y la planificación de contrataciones. Se emplean los elementos constructivos y de instalaciones que el modelo contiene para desarrollar diferentes tipos de documentos de licitación (ofertas y órdenes de compra, entre otros), tareas de producción y planificación detallada.

En otros casos, puede resultar interesante la extracción de mediciones por áreas de trabajo, principalmente en aquellas obras de gran magnitud o en las que se encuentran diversas fases de construcción en el mismo instante de tiempo. Sin embargo, la asignación de elementos constructivos a las localizaciones o áreas deseadas pueden requerir diferentes tipos de medidas adicionales en función de la aplicación software utilizada.

Antes de iniciar el proceso de extracción de mediciones es recomendable realizar una primera visión global del proyecto para familiarizarse con el mismo. Seguidamente, se recomienda recopilar la información origen para la extracción, así como de las versiones correctas y actuales del proyecto. Deben también concretarse algunos puntos para un correcto desarrollo de la extracción de mediciones: ⁽¹⁵⁾

- Decidir si la extracción de mediciones se hará desde el modelo de una sola disciplina o varias. En el caso que se empleen modelos distintos para cada una de los ámbitos de diseño, se deberá concretar qué mediciones se extraen de cada uno de los modelos.
- Decidir si la extracción se hará a partir del modelo BIM original o de un archivo IFC generado por el modelo.
- En el caso de extraerlas del mismo modelo BIM, comprobar que el material recibido contiene todos los elementos necesarios y referencias externas.
- Determinar el alcance de las mediciones a extraer del modelo.
- Tener en cuenta el nivel de detalle del modelo o si por el contrario existen partes del modelo con niveles distintos.
- Comprobar que la documentación de los diferentes documentos del proyecto es consistente con el modelo BIM.

Es recomendable después de completar la extracción de mediciones analizar el alcance, precisión y fiabilidad de las mismas. Puede resultar de gran ayuda comprobar las mediciones por tipo de elemento, por ejemplo, comparándolos con valores de referencia u objetivo. Cabe ser conscientes de que los resultados de la extracción de mediciones están asociados a un conjunto de información, esencialmente un modelo BIM. ⁽¹⁵⁾

Por último, recordar que la extracción de mediciones a partir de modelos BIM o software no elimina todos los problemas. Se mantienen los problemas relacionados con la duplicidad de partidas o mediciones debidas al solape de modelos o como también las cubiertas dibujadas con la opción multiforma (permite dibujar cubiertas con geometría irregular como de si un único elemento se tratase). ⁽¹⁵⁾

3.3.3 Estructura e instalaciones

En el ámbito que engloba toda la filosofía BIM existen herramientas con diferentes fines, es decir, en el mercado encontramos herramientas de representación o diseño y herramienta de dimensionado o cálculo. Evidentemente existe la posibilidad de conectar un mismo modelo creado dentro de la filosofía BIM con diferentes software que cubran las necesidades tanto de diseño como de cálculo. Evidentemente esta interoperabilidad entre los diferentes software puede llegar a presentar problemas, estos problemas se pueden manifestar como errores de transmisión y lectura de datos entre los diferentes software.

Desde un primer instante resulta bastante fácil transformar un modelo a un formato IFC que permita exportar los datos dentro de un formato estándar.

La posible degradación en la información exportada hace que en ocasiones algunos equipos de trabajo prefieran volver a modelar la información incompleta en diferentes software para así obtener un mejor resultado en el dimensionamiento de estructuras o instalaciones.

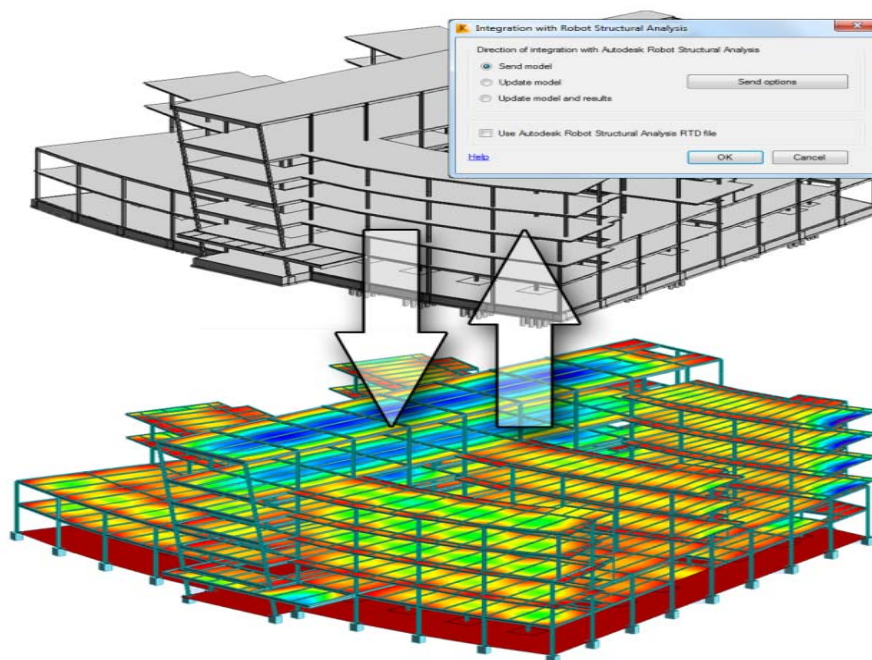


Imagen 9: Ilustración de importación /Exportación de modelo REVIT-ROBOT

Fuente: <https://itcformacionyconsultoria.com/ventajas-autodesk-robot/>

3.3.4 Análisis y estudio de eficiencia

El análisis y estudio de eficiencia en BIM no solo trata del ahorro energético y el diseño sostenible (aunque son los aspectos más reconocidos), sino también del concepto de ingeniería de valor (Value Engineering), que consiste en la optimización de los sistemas constructivos, estructuras e instalaciones, de forma que con unas pocas modificaciones clave en partidas estratégicas o en determinados sistemas o equipos obtendremos una reducción significativa de los costes, en fase de construcción y/o en fase de explotación, sin perder la esencia del proyecto.

En un proyecto que incorpora la sexta dimensión del BIM se generan modelos analíticos para realizar análisis, cálculos y simulaciones de cara a mejorar la calidad del proyecto. Requieren profesionales cualificados, como el caso de certificadores energéticos si se pretende conseguir un sello LEED, por ejemplo.

Estas simulaciones se realizan en plataformas específicas que necesitan información especializada y un modelado geométrico que simplifique considerablemente la geometría pero que respete con rigurosidad determinados aspectos que definan el comportamiento térmico del edificio y de sus sistemas.

Un modelo BIM especializado en 6D debe contener gran cantidad información relativa a las características físicas / térmicas de sus componentes y materiales, disponer de una estructura ordenada de espacios que definan zonas de comportamiento diferente y definir muy bien aspectos clave para las simulaciones y cálculos como podrían ser:

- separación interior / exterior
- elementos estructurales vs elementos de cerramiento
- orientación
- elementos de sombra
- uso de los espacios
- condiciones operativas objetivo (temperatura operativa, humedad, nº renovaciones hora del aire, etc.)
- definición de los sistemas activos para cada zona térmica, etc.

El modelo BIM es creado en la fase de diseño y actualizado en la fase de construcción, es decir, se convierte en un modelo as built que se puede entregar al propietario. El modelo tendrá la capacidad de contener todas las especificaciones necesarias para gestionar las operaciones y el mantenimiento, o información de garantía de los productos y sistemas, lo cual ayuda a gestionar el edificio durante la vida útil del proyecto.⁽¹⁶⁾

4. CASO PRÁCTICO: <<VIADUCTO DE HORMIGÓN PRETENSADO EN CARRETERA DE SIERRA NEVADA A_44 VARIANTE EXTERIOR, (VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES)>>

4.1 Software:

Como bien se ha mantenido en a lo largo de todo el documento la filosofía BIM no está asociada directamente con ningún tipo de software específico ni con una determinada firma. No obstante el entorno de trabajo que se ha elegido para esta parte del proyecto engloba en su totalidad software de la firma Autodesk®, la elección de este entorno de trabajo no tiene otro origen que los conocimientos técnicos que el usuario posee previamente, los cuales facilitan y agilizan el correcto desarrollo del proceso.

Por esto se hará una pequeña explicación de cada uno de los software que intervienen en este estudio, analizando sus funciones y relacionando a cada uno con las diferentes fases en las que el usuario ha decidido emplearlos.

4.1.1 Autodesk® Revit®

Autodesk Revit es un software de Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. BIM es un paradigma del dibujo asistido por computador que permite un diseño basado en objetos inteligentes y en tercera dimensión. De este modo, Revit provee una asociatividad completa de orden bi-direccional. Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, instantáneamente, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas las vistas. Un modelo BIM debe contener el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación. Esto se hace posible mediante la subyacente base de datos relacional de arquitectura de Revit, a la que sus creadores llaman el motor de cambios paramétricos.

Revit es un software CAD BIM, donde colaboran diferentes disciplinas dentro del diseño arquitectónico y constructivo. Dentro, las principales disciplinas que se utilizan en Revit son arquitectura, estructura, mecánica, fontanería, electricidad y coordinación; las cuales, se pueden desglosar sub-disciplinas, acorde a las necesidades del usuario. Las empresas que adoptan el software, pueden examinar el proceso del flujo de trabajo existente para determinar de qué manera deben emplear esta herramienta de colaboración.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigón pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

Otro uso principal de Revit es la implementación de uso de fases, que sirven para determinar el proceso de obra nueva o remodelación de algún proyecto arquitectónico. Cada fase puede representar el proceso constructivo de un edificio como son trazo y nivelación, cimentaciones, estructura, colocación de muros, instalaciones, acabados y etc. ⁽⁹⁾

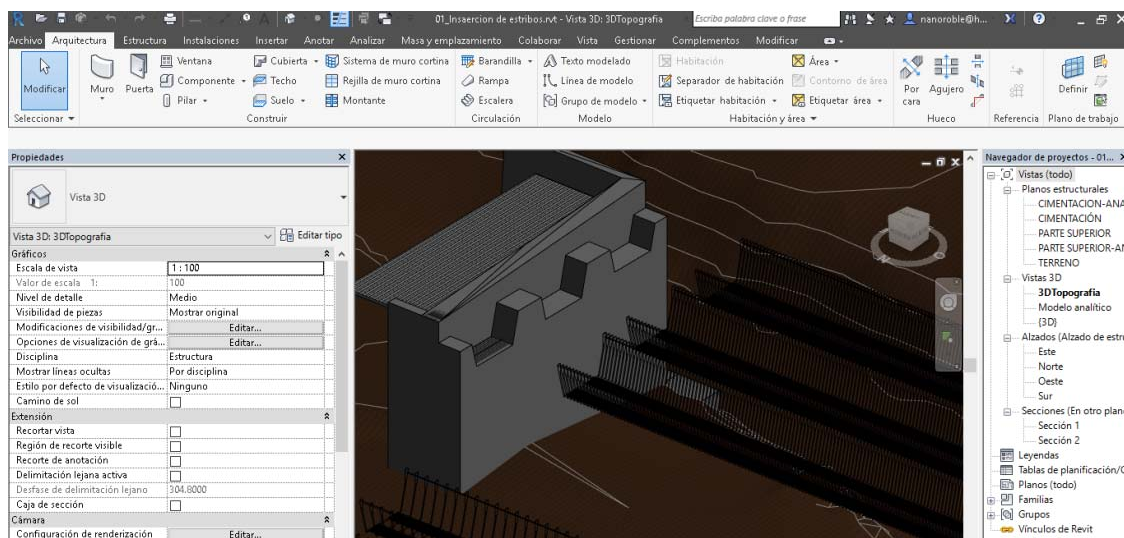


Imagen 10: Entorno de trabajo REVIT 2018

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Autodesk® Infraworks®

Autodesk InfraWorks® 360 es un software de diseño preliminar que permite combinar y conectar datos para crear, ver, analizar, compartir y administrar información de un modelo de diseño 3D realista dentro de un entorno BIM (**Building Information Model**).

Facilita el diseño de carreteras, puentes, redes de drenaje, etc., en un entorno real, mediante un diseño dinámico, permitiendo así mismo diversos análisis de nuestros diseños (perfil óptimo, cálculos red de drenaje, simulaciones de tráfico,...). ⁽¹⁰⁾

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

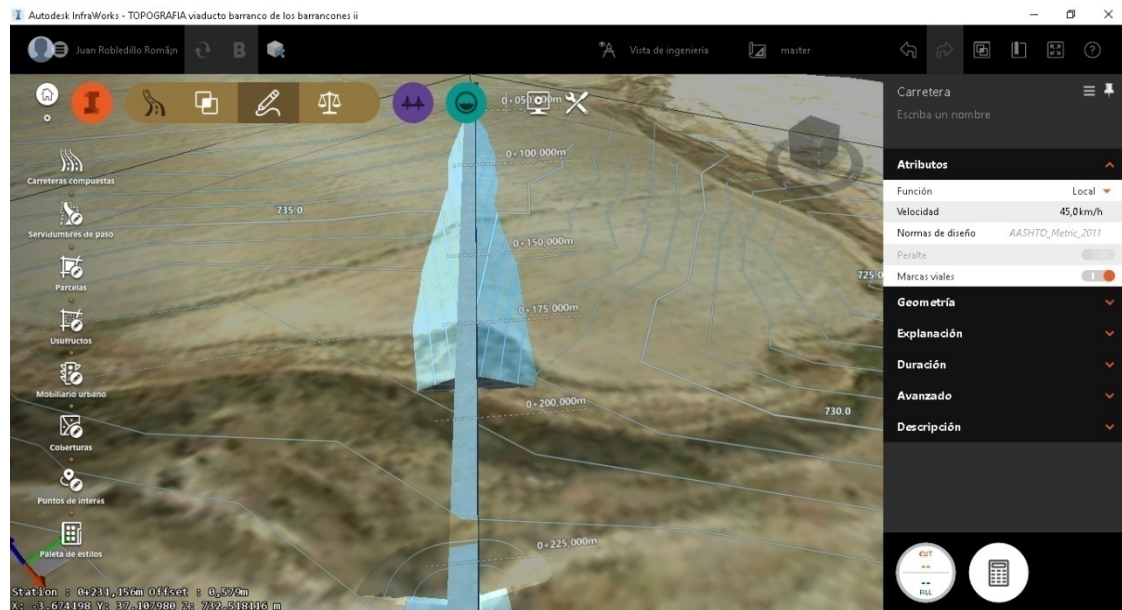


Imagen 11: Entorno de trabajo INFRAWORK 360

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Autodesk® Recap PRO®

ReCap es una aplicación inteligente para crear modelos 3D (BIM, AEC, MCAD) desde información ya sea escaneada o capturada desde fotos. Ahora los ingenieros no necesitan comenzar desde cero, si tienes este tipo de información en nube de puntos puedes aprovecharla para hacer trazos preliminares en tu modelo y así comenzar a documentar el proceso de diseño incluyendo esta información.

La aplicación en si se llama, Autodesk ReCap Studio y es la que te permite limpiar, organizar y visualizar los sets de datos masivos de la nube de puntos, la aplicación la puedes descargar sin costo desde aquí. Un módulo adicional es Autodesk ReCap Photo, es la que te permite crear modelos 3D de alta resolución desde fotografías usando el poder de cómputo en la nube, Autodesk ReCap Photo estará disponible desde Abril 2013.⁽¹¹⁾

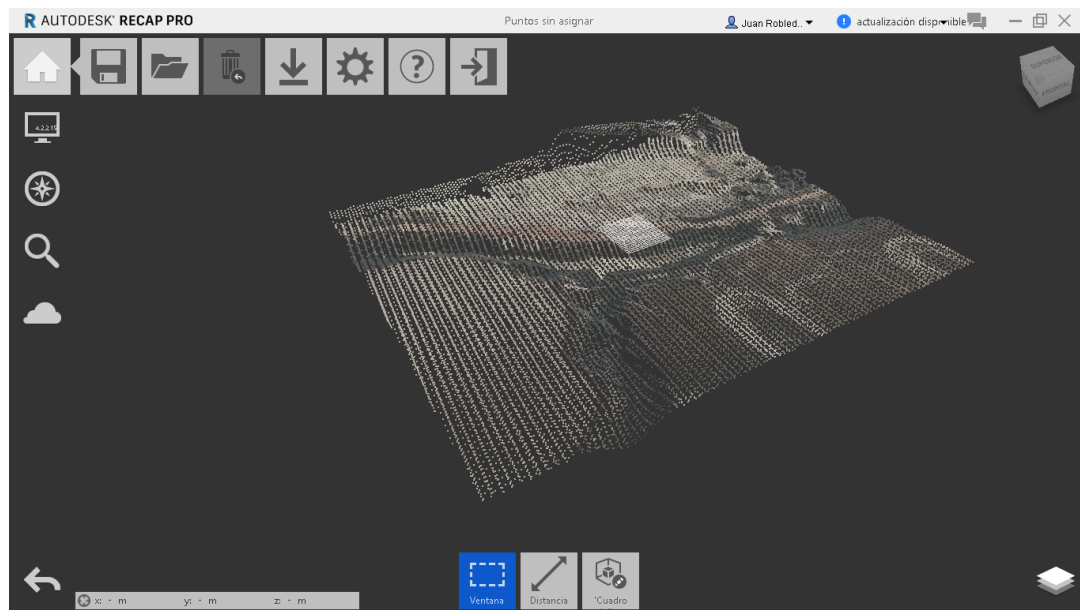


Imagen 12: Entorno de trabajo RECAP Pro

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Autodesk® Civil 3D®

AutoCAD Civil 3D es un potente software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructura diversa, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías. Es un producto de Autodesk por lo que comparte muchas herramientas con AutoCAD 2D y 3D, herramienta usada por muchos ingenieros y topógrafos.

Las principales funciones y las más usadas son:

- ✚ Importación de puntos: la importación de puntos se puede hacer desde un equipo topográfico o desde una computadora en formato .csv.
- ✚ Generación de superficies de terreno: las mismas que se pueden generar a partir de la importación de puntos del paso anterior o también a partir de líneas existentes y otras metodologías.
- ✚ Generación de reportes de volumen: se usa en movimiento de tierras haciendo una comparación de dos superficies, generalmente se compara la superficie inicial y la superficie final o alguna generada en un punto de control, ambas superficies estarán en dentro de las mismas coordenadas, lo único que varía son las cotas o elevaciones.
- ✚ Generación de perfil longitudinal: el perfil longitudinal es generado para evaluar la topografía de una área específica, se puede observar los valles o de presiones o los picos o crestas del terreno en evaluación.

- ✚ Generación de secciones transversales: las secciones transversales se generan en estructuras u obras lineales como carreteras, canales, tuberías, acueductos, etc. Sirven para evaluar la sección transversal de cada punto evaluado según la topografía del terreno (nos dará una idea si es necesario hacer cortes / rellenos o si es una zona llana simplemente ver el ancho de la sección).
- ✚ Edición de ensambles: son las plantillas de las secciones transversales típicas que se tiene que generar o editar para aplicar a una determinada longitud de obra lineal (Ej. la sección transversal de una carretera, incluyendo cunetas o canales para drenaje, pendientes, bombeo y otros).
- ✚ Generación de corredores u estructuras lineales: los corredores son las estructuras lineales que deseamos diseñar, para esto se hace uso de los ensambles creados en el punto anterior y el perfil longitudinal, luego de generar el corredor se creará el modelo en 3D de la estructura que se está diseñando.
- ✚ Diseño de plataformas, posas y diques de contención: estas estructuras se diseñan haciendo uno de líneas características, líneas en 3D y otros métodos, y sirve para dimensionar la estructura y calcular los volúmenes de corte y relleno.
- ✚ Diseño de una red de tuberías: las herramientas de diseño de tuberías permite diseñar una red de tuberías para una ciudad las que pueden ser transportar cualquier líquido o fluido, incluyendo las conexiones entre sí y los cruces, nos permite también el cálculo de los materiales que se usará.⁽¹²⁾

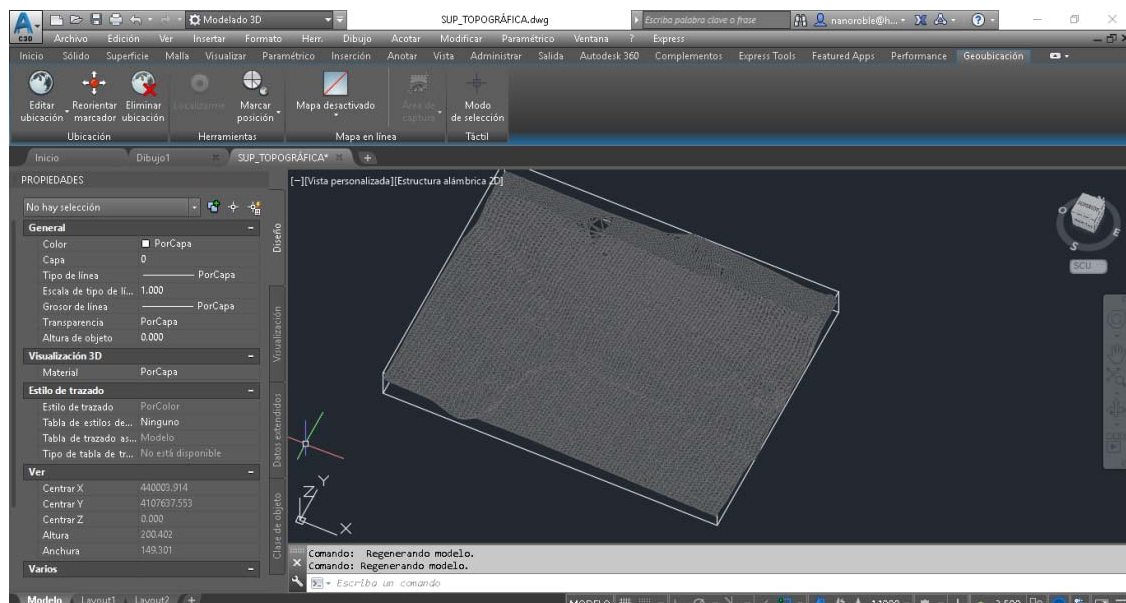


Imagen 13: Entorno de trabajo CIVIL 3D 2018

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Autodesk® Robot®

Robot® Structural Analysis Professional es un software especializado en el cálculo, simulación y diseño de estructuras de ingeniería civil y arquitectura que permite realizar un análisis exhaustivo del comportamiento estructural de una edificación o de cualquiera de sus partes, utilizando el método de los elementos finitos (FEM) y varios tipos de algoritmos no lineales. Producido por de AutoDesk (r), el mismo fabricante del popular software AutoCAD® y 3D Studio, Robot se se ha adaptado para que se integre perfectamente a varios entornos BIM (como Navisworks®, donde va muy bien), pero principalmente a Revit, del propio Autodesk; y a programas de diseño como AutoCAD®, AutoCAD® Structural Detailing, Inventor, entre muchos otros.

Robot llegó a la compañía Autodesk como el activo mas importante de la empresa ROBOBAT que adquirió por mas de 40 millones de dólares en el año 2007, cuando su producto Robot Millenium era el software de cálculo estructural mas influyente del mercado global.⁽²⁴⁾

4.1.6. Autodesk® NavisWorks®

Autodesk Navisworks es una completa solución para la revisión de proyectos preparada para la simulación, coordinación, análisis y la comunicación 5D de la viabilidad constructiva de los diseños. Los datos de los diseños multidisciplinares creados en una amplia gama de aplicaciones BIM, se pueden combinar en un único modelo. Unas completas herramientas de planificación, cuantificación, coste, animación y visualización permiten a los usuarios evaluar sus diseños y simular las construcciones, lo que les proporcionará una mejor perspectiva y mejorará su capacidad de predicción. La navegación en tiempo real se combina con un conjunto de herramientas de supervisión para apoyar la colaboración entre los diferentes interventores del proyecto. Los modelos completos se pueden publicar y ver en los formatos de archivo NWD y DWF™ los cuales aportan gran valor desde la fase del diseño y durante la construcción. Las herramientas de simulación de errores ayudan a los profesionales del diseño y de la construcción a anticiparse y a evitar posibles problemas antes de la ejecución del proyecto y, de este modo, minimizan los retardos y las repeticiones de trabajo costosos.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

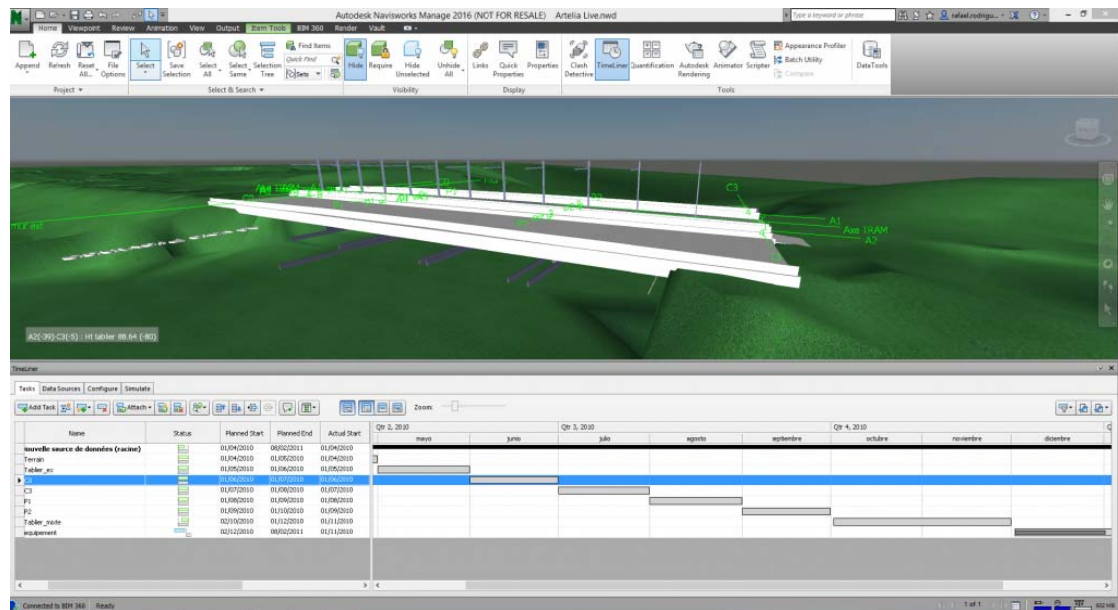


Imagen 14: Entorno de trabajo NavisWork 2018

Fuente: <https://www.2acad.es/portfolio-item/autodesk-navisworks-manage/>

4.2. Extracción de Datos

Para el modelado que será objeto de estudio se han recuperado datos públicos expuestos en la web del ministerio de fomento (http://www.seittsa.es/seitt/lang_castellano/contratacion/licitaciones_obras/20151025-c.htm), estos datos se corresponden al proyecto de construcción que el ministerio recoge como "Autovía de Sierra Nevada (A-44). Variante exterior Granada- Tramo: Las Gabias (enlace con A-338) – Alhendín. Expediente: 20151025-C.

Expediente:	20151025-C
Importe de licitación:	59.228.187,42 €
Fecha límite de presentación de ofertas:	03/11/2015
Fecha de apertura de ofertas:	18/11/2015
Fecha de adjudicación:	17/12/2015
Adjudicatario:	S.A. de Obras y Servicios, Copasa y Altyum Proyectos y Obras, S.A., en unión temporal de empresas.
Importe de adjudicación:	34.861.000,00 €

Imagen 15: Portal web del ministerio de fomento donde se encuentran públicos los datos.

Fuente: http://www.seittsa.es/SEITT/LANG_CASTELLANO/CONTRATACION/LICITACIONES_OBRAS/20151025-C.htm

Localizados los datos referentes al proyecto de construcción que engloban la totalidad de las actuaciones referentes al mismo se procede a la síntesis de la información para la extracción de datos de relevancia en la estructura que se pretende modelar, de este modo se localizan los planos del viaducto de los barrancones, estos planos describen las características geométricas, constructivas y técnicas de la estructura, además de la descripción de materiales, características mecánicas básicas y descripción de pruebas de cargas posteriores a la ejecución de la misma.

Ha sido de vital importancia el estudio detallado de la documentación relativa a la estructura para una correcta implementación de materiales y características en el entorno BIM, en cada uno de los planos referentes a la estructura se detallan las normativas por las que dichos materiales se rigen. (Toda esta documentación se aportará al presente estudio dentro del ANEXO II (Planos descriptivos de la estructura "Viaducto de Hormigón pretensado Barranco de los Barrancones").

La demás documentación disponible en el portal Web referente al presente proyecto de construcción será añadida al proyecto presentado en formato digital, pero no será añadida en formato analógico por motivos de respeto a la naturaleza con el medio ambiente.

4.3. Tratamiento previo de datos extraídos y descarga de datos auxiliares.

Todos los datos necesarios para el modelado de la estructura necesitan de un proceso de adaptación acorde al nuevo uso que se va a emplear de estos, esto toma forma a la hora de sintetizar la información y seleccionar las herramientas propias para su correcto tratamiento.

4.3.1. Descarga de datos lidar.

A los datos extraídos de la web del ministerio de fomento se le han decidido añadir datos procedentes de un vuelo LIDAR del Instituto Geográfico Nacional (IGN), estos datos han sido descargados del portal de descargas que este organismo tiene habilitado para este fin; <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalog.o.do?Serie=LIDAR>, el proceso de descarga es intuitivo y práctico, en este caso las descargas de datos vienen definidas por hojas de 2x2 Km, con una densidad de puntos de 0.5 m² por punto. Esta extensión se excede de lo necesario para analizar la zona donde se emplaza el objeto estructural que es motivo del estudio, por lo que a esta descarga se le añadirá el posterior tratamiento de datos con el software específico.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigón pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

La web de descargas del IGN tiene varios métodos de búsqueda y acceso a los datos ofrecidos, en el caso de este proyecto la descarga se realizó obteniendo la zona de manera totalmente gráfica por mediación de los mapas de situación que la entidad pone a disposición para el usuario.

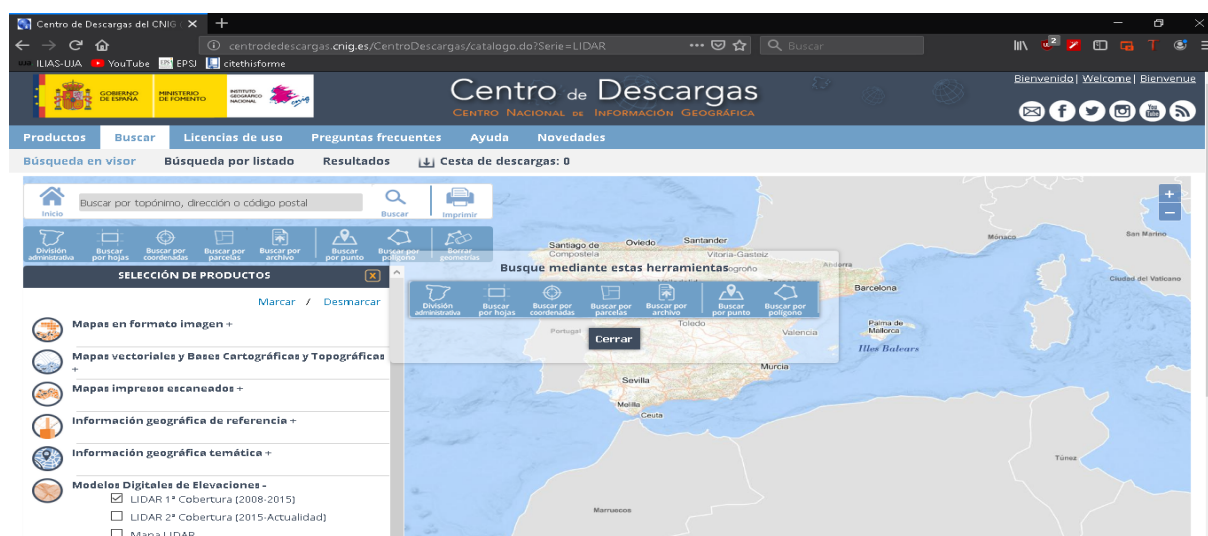


Imagen 16: Portal web del IGN donde se muestran las herramientas de selección disponibles. .

Fuente: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=LIDAR>

La versatilidad de la herramienta facilita en gran medida la obtención de los datos de una forma rápida y sencilla.

Una vez localizados los datos necesarios para el proyecto se han descargado y almacenado en el equipo de trabajo, esta descarga se efectúa bajo el formato conocido como LAZ;

El formato LAZ es un tipo de archivo binario obtenido de la compresión de los ficheros LAS mediante una librería de compresión desarrollada por Martin Isenburg para su herramienta LASzip.

LASzip es el software de código abierto que rapidlasso GmbH pone a nuestra disposición para el tratamiento de datos LiDAR.

LASzip comprime voluminosos archivos LAS en archivos LAZ compactos que representan entre un 7 y un 20% del tamaño original, preservando con precisión cada bit.⁽¹⁷⁾

En el mercado existen multitud de software de código abierto que permiten trabajar y explotar con gran eficiencia los datos geoespaciales a disposición del usuario, en este caso para la explotación de los datos obtenidos en el IGN se ha decidido trabajar con una herramienta de gran potencia y de código abierto como es LasTools®.

4.3.2. Obtención de datos LAS con LasTools®

LAStools es un nuevo conjunto de herramientas independiente para el manejo eficiente y procesamiento de datos *LiDAR* aerotransportado.

Estas herramientas han sido creadas por *Martin Isenburg* de la Universidad de Carolina del Norte, galardonado por la creación de *software* para aplicaciones *LIDAR* por *INTERGEO*.

Es posible emplear estas herramientas "en bruto" tras la descarga de la versión más reciente de LAStools, descargando el archivo *lastools.zip* de la página oficial.



Imagen 17: Logotipos de los sistemas LAStools y rapidlasso

Fuente: <https://mappinggis.com/2016/08/como-convertir-ficheros-lidar-laz-a-las/>

La mayor parte de sistemas y aplicaciones *LiDAR* trabajan con un mismo formato, el formato LAS, cuya especificación ha sido desarrollada por la *American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS)*, y que se ha convertido en un estándar de facto para trabajar con datos *LiDAR*. LAS es un formato de archivo público que permite el intercambio de ficheros que contienen información de una *nube de puntos tridimensional*.

El formato LAS es un archivo binario que mantiene toda la información procedente del sistema *LiDAR* y conserva la misma según la propia naturaleza de los datos y del sistema de captura.

El modo más rápido de convertir un fichero .laz a .las es emplear el algoritmo *laszip* "en bruto". Es decir, directamente desde el directorio de descarga del conjunto de herramientas LAsTools (carpeta *LAsTools/bin/laszip.exe*).

Una vez ejecutamos dicho algoritmo, haciendo doble clic sobre él, aparece la interfaz en pantalla, mediante la cual y, a través del botón *browse* seleccionaremos el archivo .laz que deseamos convertir o descomprimir (doble clic sobre él).

Una vez seleccionado, indicamos un directorio de salida mediante *output* (si no lo hacemos creará el nuevo archivo en el mismo directorio), seleccionamos el tipo de formato de salida (LAS) y hacemos clic sobre el botón *DESCOMPRESS* de la parte derecha de la interfaz.

Aparecerá una nueva ventana (*RUN*) con un mensaje indicando los parámetros introducidos (algoritmo ejecutado, directorio de entrada, directorio de salida y formato de salida). Haz clic en *START* para que comience el proceso.

Accede al directorio de salida para comprobar que se realizó correctamente la conversión.⁽¹⁷⁾

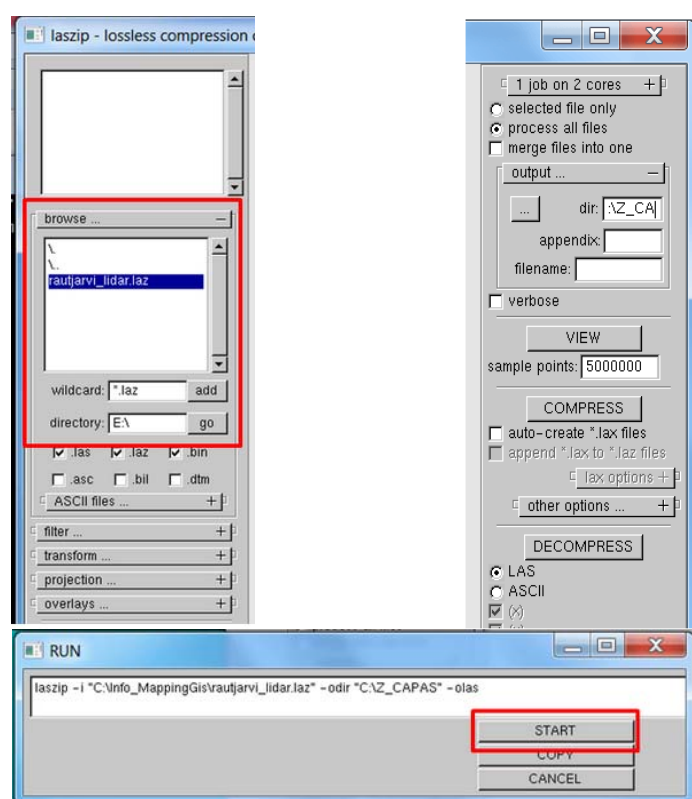


Imagen 18: Ilustración de pasos a seguir en la herramienta LASzip.

Fuente: <https://mappinggis.com/2016/08/como-convertir-ficheros-lidar-laz-a-las/>

4.3.3. Generación de MDT con Civil 3D® y exportación como archivo de curvas de nivel 3D.

Una vez obtenidos los datos LIDAR del IGN y transformados a un formato descomprimido el cual puedan soportar los software empleados en el proceso es el momento de comenzar a generar información elaborada para la obtención de un MDT para incorporar al modelo del viaducto.

En primer lugar recordar la diferencia fundamental entre un MDS y un MDT, los MDS son modelos digitales de superficie, y por consiguiente alberga información de todos los elementos detectados en la superficie que el sistema LIDAR a podido registrar. El tratamiento de los datos LIDAR para filtrara la información y obtener el MDT cuyos datos son únicamente los correspondientes al terreno que el sistema LIDAR a barrido. El proceso de filtrado de información también es posible hacerlo con herramientas del paquete LasTools, aunque no nos detendremos en el procedimiento de filtrado de datos por dos motivos. En primer lugar por la escala y la equidistancia a la que se encuentran los datos trabajados, que hace carecer en gran medida de la imperiosa necesidad de filtrar datos y en segundo lugar por la relevancia del estudio, siendo un estudio sin mas trascendencia que la académica no se ha considerado interesante realizar un procedimiento exhaustivo de filtrado de datos de datos.

Una vez conscientes de los datos necesarios para obtención del terreno se exportan dichos datos a un archivo de puntos en formato **.csv**, este archivo contiene las coordenadas planimetrías en el sistema de referencia cartográfico oficial español ETRS89 UTM30, el orden de dichas coordenadas serán XYZ.

Para la importación a CIVIL3D se ha tratar este archivo de manera manual, para ello se emplea el software básico de Microsoft Windows block de notas, con este se realizan cambios masivos en caracteres que el software de ingeniería no reconocería.

PNOA_2014_AND-NE_440-4108_ORT-CLA-COL.CSV: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
441998.23,4107998.45,714.13				
441998.34,4107996.66,714.26				
441998.45,4107994.84,714.17				
441998.56,4107993.10,714.71				
441998.67,4107991.28,714.57				
441998.78,4107989.51,714.75				
441998.90,4107987.68,714.60				
441998.99,4107986.22,716.83				
441999.11,4107984.32,716.21				
441999.24,4107982.22,714.07				
441999.35,4107980.41,713.99				
441999.46,4107978.61,713.93				
441999.57,4107976.93,714.62				
441999.68,4107975.17,714.91				
441999.77,4107973.74,717.17				
441999.87,4107972.15,718.44				

Imagen 19: Ilustración de archivo de datos tratado a mano en formato .csv.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez los datos están listos para la integración el proyecto se procede de la siguiente forma acorde al siguiente esquema de trabajo;



Tabla 2: Flujo de trabajo para la creación de una superficie topográfica en CIVIL 3D.

Fuente: Elaboración propia.

Para poder aportar un mayor contenido al documento, se recoge de manera ilustrada cada una de las operaciones señaladas en el esquema, añadiendo una breve explicación.

- Importación de archivo .csv a nube de puntos.

La importación de archivos de puntos se ejecuta desde el menú de puntos de la barra superior de comando, buscando importación/exportación y seleccionando la opción de importación de archivo de puntos. Dentro de esta opción se presenta un cuadro de dialogo donde se detalla toda la información relacionada al archivo de puntos a importar; formato, distribución de datos, caracteres de separación, etc.

El software dispone de gran versatilidad en este aspecto ya que las opciones para indicar el formato interno del archivo son perfectamente configurables.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

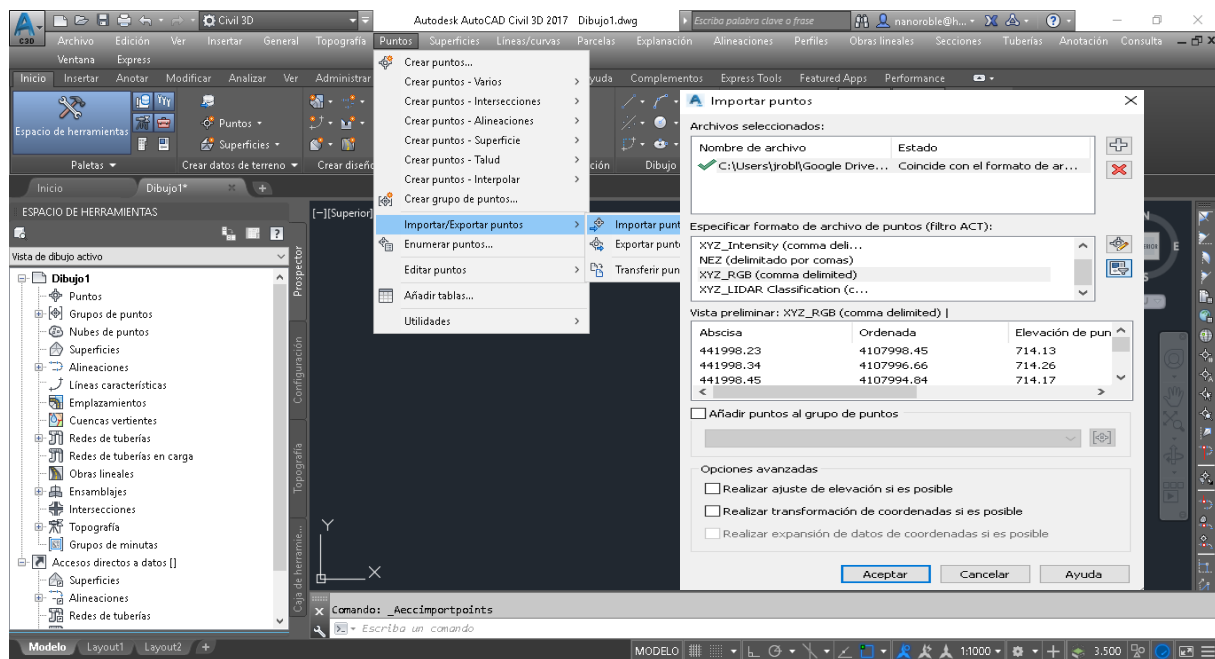


Imagen 20: Ilustración de pasos a seguir para la exportación de nubes de puntos

Fuente: Elaboración propia.

- Creación de superficie.

Civil 3D dispone de un entorno de trabajo muy cómodo y de fácil interacción, utiliza lo que se denomina "Espacio de Herramientas", en este espacio se encuentran todas las entidades con las que civil trabaja a la hora de gestionar un proyecto. La creación de cada una de estas entidades y su posterior desarrollo se reduce a la navegación por un sistema de carpetas basado en una estructura tipo "árbol", de este modo es tan sencilla la creación de una nueva entidad como el posicionamiento sobre el icono con la que está representada esta entidad pulsando la tecla derecha del ratón y seleccionando la opción de crear nueva superficie.

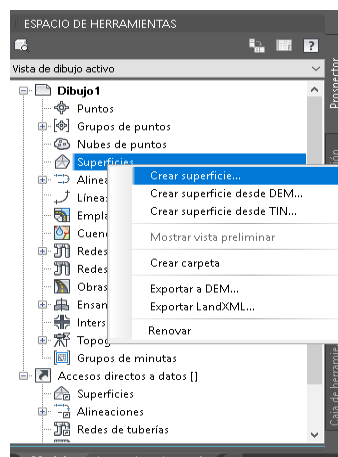


Imagen 21: Ilustración de pasos a seguir para la creación de una superficie.

Fuente: Elaboración propia.

- Asignación de nube de puntos a superficie topográfica creada.

Por defecto Civil3D genera las superficies sin ninguna entidad que las defina en si, de tal modo que la superficie se irá definiendo en relación a las entidades externas que le vayamos enlazando, ya sean líneas de rotura, nubes de puntos, curvas de nivel, objetos 3D etc. Por esto es de vital importancia la correcta asignación de datos a la superficie que se ha generado, para ello el proceso se reduce a la navegación por el menú de espacio de trabajo buscando los parámetros de definición dentro de la superficie y añadiendo en este caso la nube de punto anteriormente exportada.

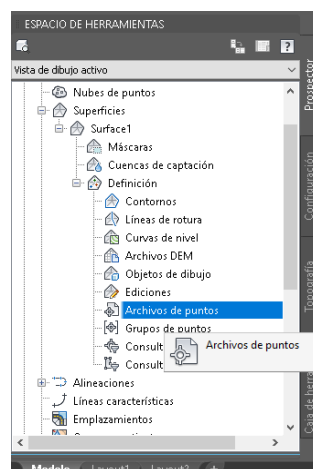


Imagen 22: Ilustración de pasos a seguir para la asignación de información a una superficie.

Fuente: Elaboración propia.

- Asignación del estilo de visualización de la superficie y descomposición de la misma.

Civil 3D mantiene una conexión entre cada uno de los elementos que componen un determinado diseño o proyecto, esto implica una relación directa entre estos elementos, los cuales no solo tienen una representación gráfica, si no un valor añadido en el almacenamiento de datos del proyecto.

Para la extracción de elementos gráficos de menor complejidad que las propias entidades de las que dispone Civil 3D se utiliza la propia representación gráfica, es decir, configurando de manera certera la visualización del objeto se obtiene un elemento que descompuesto en entidades más simples proporciona la información requerida.

- Obtención de polilíneas 3D como curvas de nivel.

La descomposición de las entidades generadas por civil van degradando en elementos cada vez más sencillos, es decir; si descomponemos una superficie generada y visualizada con un estilo predeterminado en curvas de nivel, obtendremos esas mismas curvas que representan la superficie como polilíneas tridimensionales individuales.

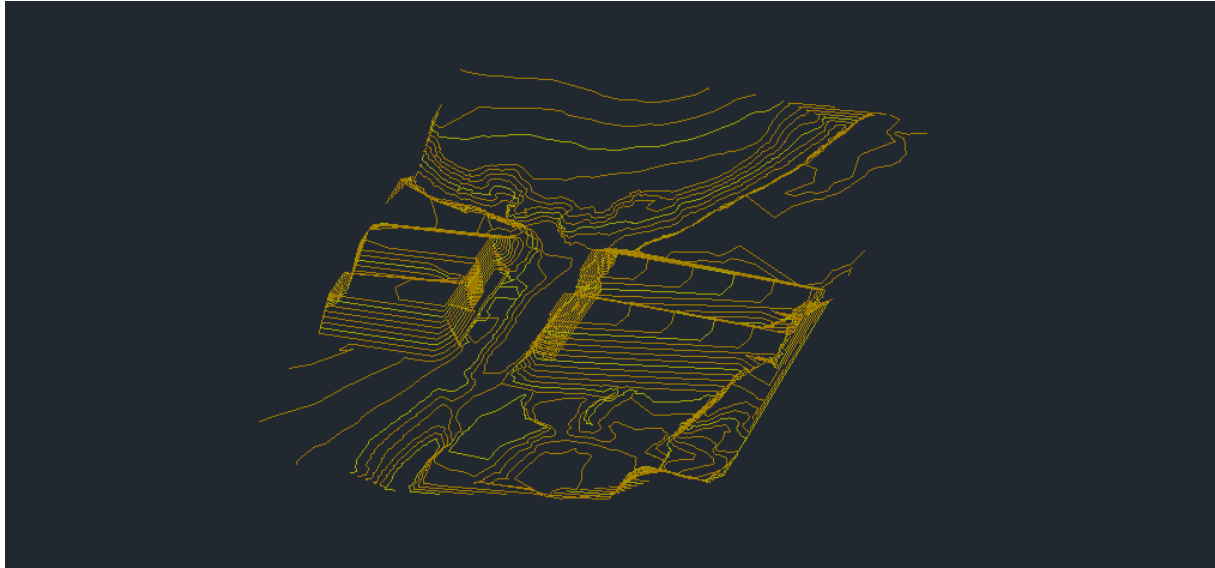


Imagen 22: Ilustración de curvas de nivel 3D con terreno modificado vistas en perspectiva.
Fuente: Elaboración propia.

- Limpieza el archivo .dwg.

Finalizada toda la edición y extracción de información es fundamental que el archivo con el que se pretende hacer la inclusión de la información en otro software esté lo más depurado posible, por esto a mi parecer es imprescindible ejecutar una limpieza exhaustiva del fichero de información previamente. Civil 3D dispone de un comando fácil de usar "LIMPIA", su función es la de deshacerse de todos los elementos que engrosan el documento y que carecen de funcionalidad en el mismo, ya sean capas sin elementos, restos de elementos empleados que ya son inexistentes etc.

4.4. Visualización y Pre-Modelado genérico del trazado con Infraworks®

Infraworks® se ha convertido en una estupenda herramienta para todas esas disciplinas relacionadas con la construcción de infraestructura. Ingenieros y personal técnico de todo el mundo desarrollan labores de anteproyecto en esta herramienta de la compañía Autodesk®. Las posibilidades de diseño y el uso extremadamente simple hacen de esta herramienta un potencial aliado a la hora de implementar propuestas de diseño en el ámbito de la ingeniería.

Infraworks® es capaz de llevar a cabo varios tipos de proyectos de forma simultánea, tales como carreteras, drenaje, movimiento de tierras, etc.

Es verdad que para estas aplicaciones existen otros software que permiten un mayor grado de detalle que Infraworks®, pero como mencionado anteriormente, Infraworks® brilla especialmente en las etapas de planificación y diseño.

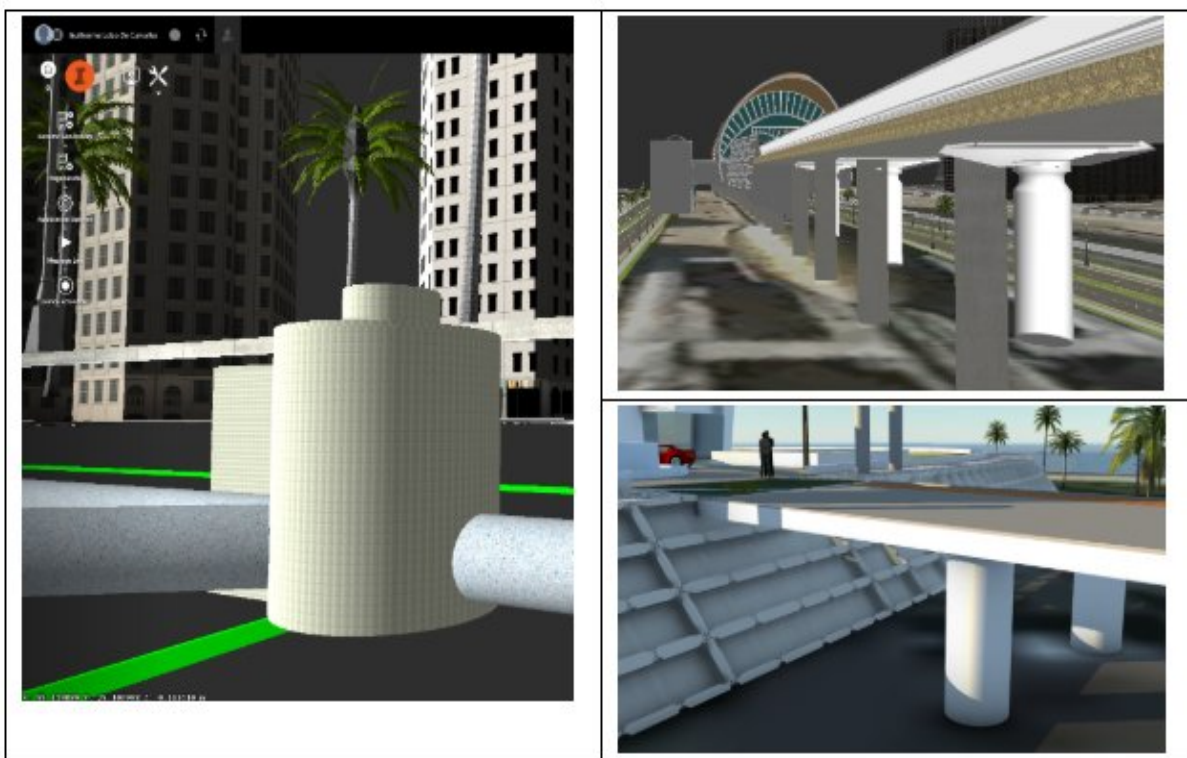


Imagen 23: Ilustración de diferentes elementos estructurales implementados desde infraworks.

Fuente: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/infraworks-cuando-y-como-usarlo/>.

Cuando se realiza el primer modelado con Infraworks®, ya se ahorra tiempo y es que sus procesos son mejores en la creación de los elementos iniciales.

Así, Infraworks® permite exportar carreteras y sistemas de drenaje a AutoCAD® Civil 3D® y estructuras a Revit®. Después del modelado detallado, estos modelos

pueden volver a Infracore® para que tengamos los modelos detallados integrados en la ciudad ⁽¹⁸⁾.

En el caso práctico del viaducto de los Barrancones se ha procedido a hacer varios estudios para la generación de documentación gráfica que aporte un plus de calidad visual al proyecto, ubicándolo en su entorno y generando elementos complementarios al mismo de una manera simplemente ilustrativa.

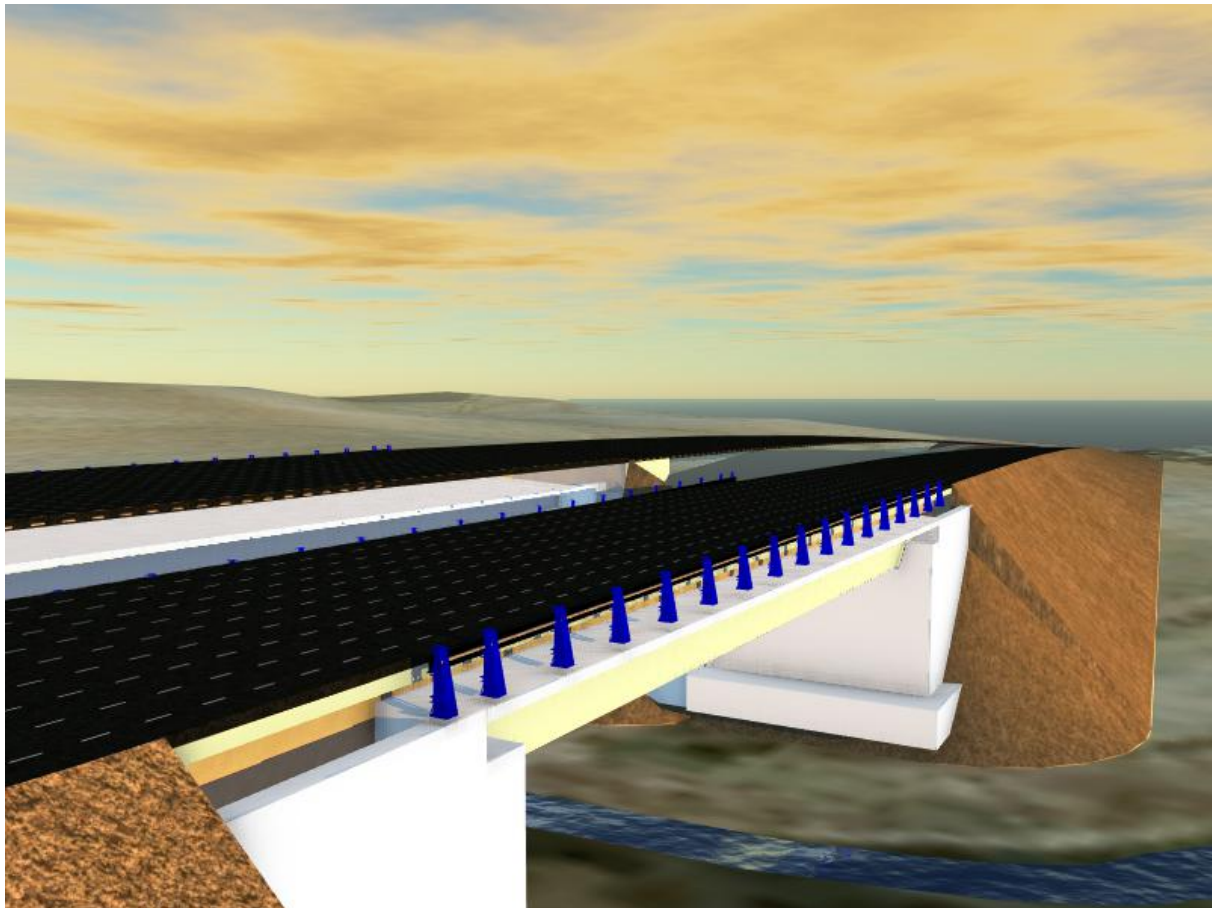


Imagen 24: Instantánea del modelo implementado en Infracore.

Fuente: Elaboración propia.

La imagen anterior es una mera representación realista que quiere hacer visible las posibilidades analíticas previas del software y la interoperabilidad entre otros software del sistema BIM, en ella se muestra el modelo generado en Revit® en un entorno de acorde al recogido en los anejos del proyecto original y situado en las coordenadas oficiales del mismo proyecto.

4.5. Modelado en Revit®.

La piedra angular de todo el proceso de implementación en el sistema BIM de esta infraestructura "Viaducto Barranco de los Barrancones" ha sido el software Revit®, como en puntos anteriores se ha explicado este software es una de las grandes herramientas en el sector del modelado 3D de edificaciones basadas en BIM.

La cantidad de información, soporte, recursos y facilidad a la hora de adquirir licencias de prueba hacen de este un gran atractivo a la hora de decantarse en su elección como software de trabajo, no obstante, en este estudio técnico se han puesto de manifiesto grandes carencias que este software presenta a la hora de implementar en él proyectos constructivos ajenos al sector de la edificación arquitectónica. Estas carencias se hacen latentes en la práctica inexistencia de recursos específicos para la ingeniería civil o la infraestructura en general.

El software contempla de manera intuitiva y sencilla la posibilidad de crear diferentes niveles constructivos, esto se manifiesta como un excelente mecanismo de planificación y modelaje en la edificación pero carece de recursos cuando el modelo se va a basar en elementos constructivos que no responden al formato usual de un edificio.

Estos pormenores que resaltan la inadecuada indicación del software para el modelado de infraestructuras fuera del sentido arquitectónico se han traducido en una ardua tarea por parte del autor del presente estudio en implementar elementos poco afines al software con los recursos que este ofrece.

Se denota que el grado de eficacia en la implementación de estos elementos no llega a ser todo lo satisfactorio que en principio se suponía, ya que la correcta implementación con el detalle necesario para que el proyecto adquiriera una entidad viable en el sentido constructivo requeriría una dedicación y esfuerzo que excede en amplio sentido la labor de este estudio.

Visto esto se procederá a la descripción del trabajo realizado en este software dentro del estudio de implementación y se detallarán todas y cada una de las labores realizadas para la implementación de las familias y modelos generados.

4.5.1. Creación del proyecto en Revit®.

Revit® dispone de una serie de plantillas configuradas por defecto, estas plantillas ofrecen al usuario una configuración de la interface, estándares y el área de trabajo acorde al tipo de proyecto que se requiere modelar, por defecto el

software trae configuradas cuatro plantillas diferentes; plantilla de construcción, plantilla arquitectónica, plantilla estructural, y plantilla mecánica.

El uso de estas plantillas es totalmente recomendable para usuarios que se estén iniciando en el sistema o no tenga una manejo profundo de los parámetros de configuración del mismo, no obstante existe la posibilidad para usuarios avanzados de personalizar plantillas.

En el caso práctico del modelado del viaducto del barranco de los Barrancones se ha utilizado la plantilla estructural que el sistema trae predefinida por defecto. Esta plantilla proporciona las especificaciones y configuraciones técnicas y visuales propias para el trabajo y modelado de estructuras.

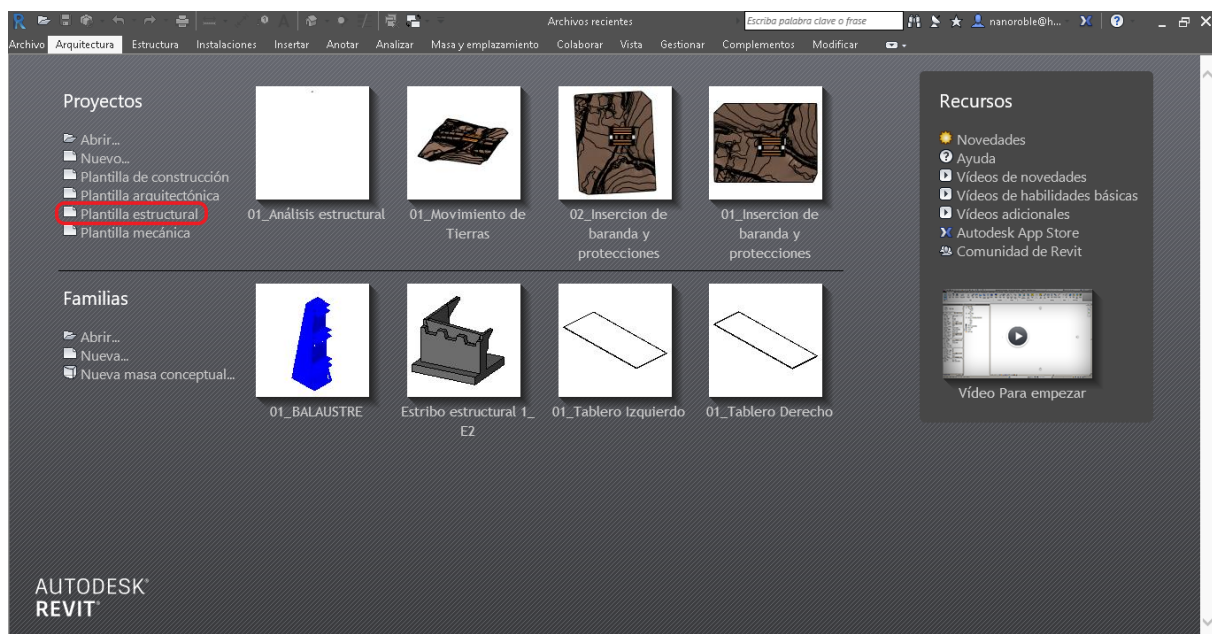


Imagen 25: Ilustración de la interface gráfica de inicio de Revit®
Fuente: Elaboración propia.

4.5.1.1. Plantilla Estructural

Si se utiliza una plantilla estructural como punto de partida para un proyecto nuevo, las propiedades y los rangos de la vista se modifican para permitir el trabajo con componentes estructurales.

Si bien los componentes estructurales se pueden usar en proyectos basados en plantillas no estructurales, se deben modificar los rangos de vista para que dichos componentes aparezcan en la vista. Eso se debe a que componentes estructurales como las vigas y los pilares se colocan en el nivel por debajo de la vista en que se trabaja. Así pues, quedan debajo del plano de corte inferior del rango de la vista y no se visualizan. La plantilla estructural se ha modificado expresamente para tener en cuenta este aspecto.⁽¹⁹⁾

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

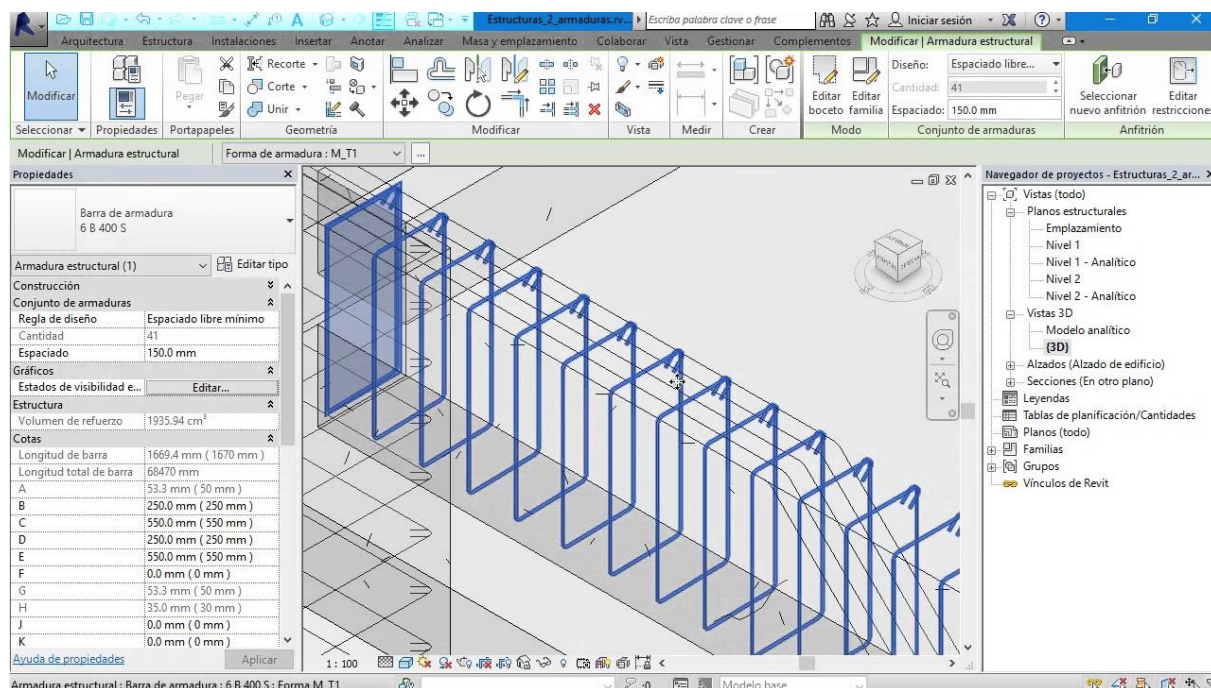


Imagen 26: Captura de proyecto ejecutado sobre la plantilla estructural de Revit®.

Fuente: <http://solarconflict.com/vj7vNUHPg94.video+related>.

4.5.1.2. Configuración de entorno y sistemas de referencia.

En Revit® se hace complicado trabajar con un sistema de coordenadas predefinido o importado desde los estándares comunes, ya sea los EPSG o cualquier otro sistemas de coordenadas.

El modelo trabaja por defecto en unas coordenadas locales donde el origen de coordenadas es por defecto el centro de la plantilla de proyecto. Efectivamente es complicado implementar coordenadas de carácter geodésico o geográfico en el sistema, puesto que este trabaja sobre sistemas de referencia cartesianos definidos por tres ejes.

Existe la posibilidad de asignar coordenadas en un determinado sistema de referencia a este origen de coordenadas que por defecto establece el software en el punto (0,0,0). Esta posibilidad está basada en asignar a lo que se denomina como "Punto de reconocimiento interno" las coordenadas asociadas a este proyecto.

Como se puede intuir, es un sistema que presenta una gran carencia de cara a la ingeniería y a la localización geoespacial. Este aspecto hace difícil la labor de ejecución basadas en sistemas de referencia oficiales.

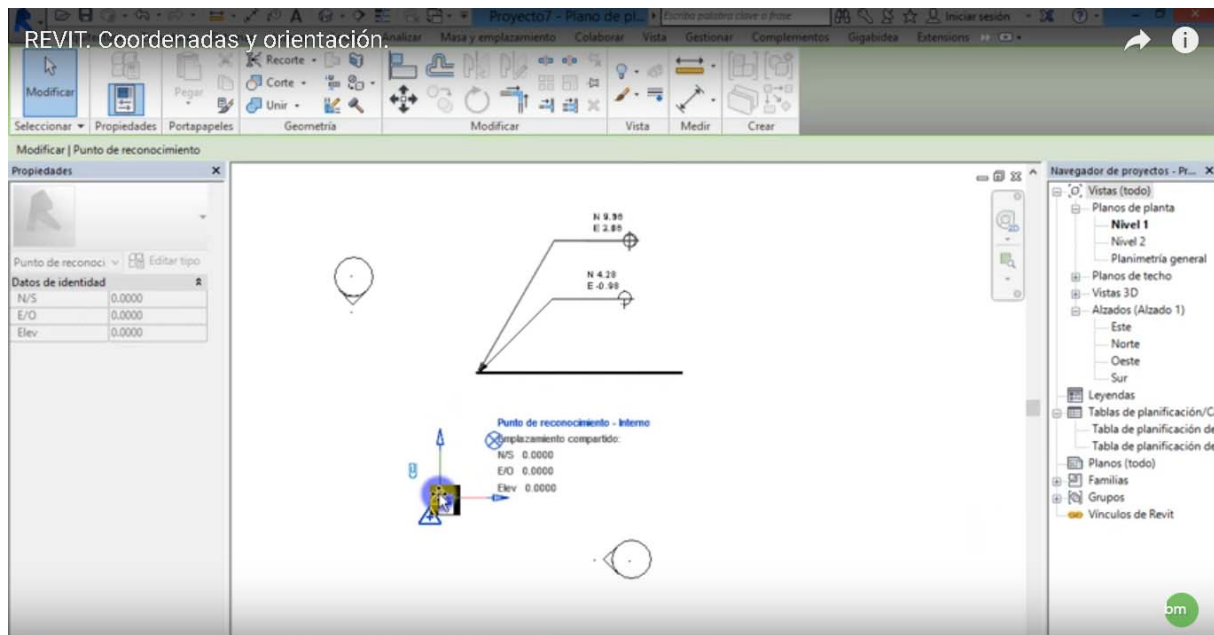


Imagen 27: Captura de pantalla "edición del punto de reconocimiento del proyecto"

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=979fuvPPAdU>

4.5.1.3. Establecimiento de fases del proyecto.

Una de las virtudes de Revit® recae en la posibilidad de establecer fases constructivas dentro del modelado del proyecto, de esta forma es posible asignar cada elemento constructivo a una determinada fase. Esta posibilidad es de gran utilidad para entender al completo el proceso constructivo del elemento que se está modelando y permite gestionar de una manera previa aunque algo basta la gestión de procesos constructivos, elementos auxiliares en la construcción y el establecimiento de jerarquías.

La manera de crear y gestionar estas fases constructivas dentro del software es realmente sencilla. Dentro de la pestaña GESTIÓN>>PROCESOS.

El software mostrará un cuadro de diálogo donde permite crear cada uno de los procesos constructivos que intervienen en el modelado de la estructura. A cada uno de estos procesos se le podrán asignar con posterioridad cada uno de los elementos constructivos correspondientes, teniendo en cuenta que función tiene cada componente y si esta es de carácter temporal o perpetuo en la construcción.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

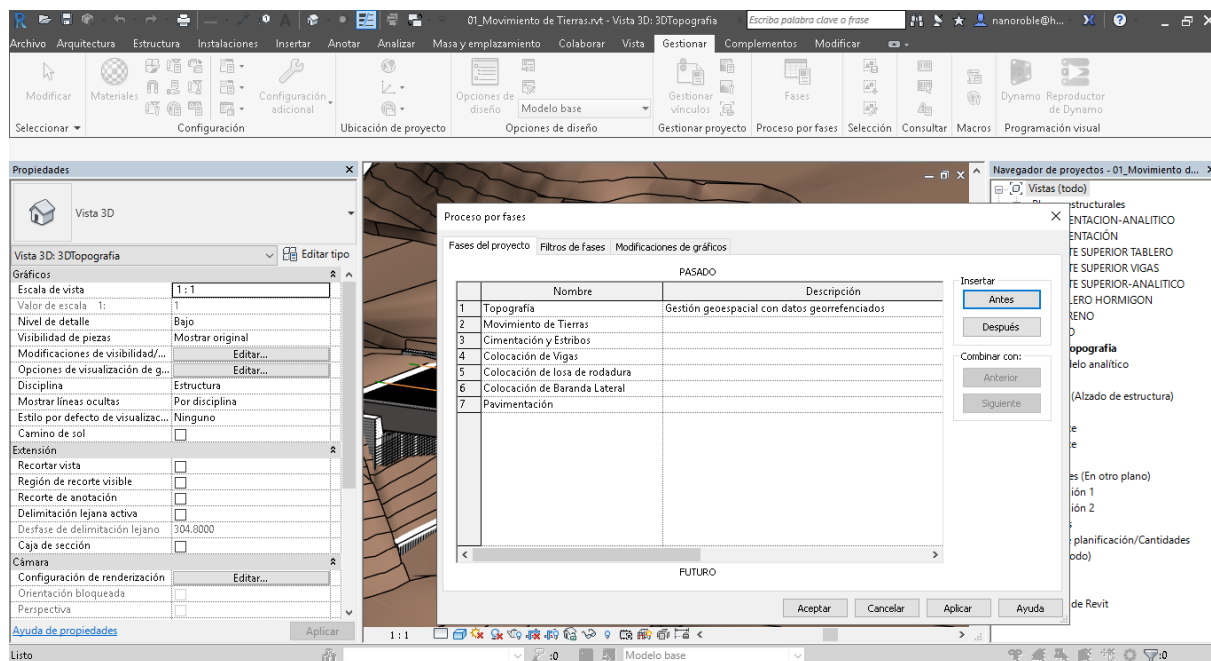


Imagen 28: Captura de pantalla del cuadro de dialogo de creación y dedición de procesos constructivos.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Creación de familias de objetos en Revit®.

Las familias de Revit® son todos los elementos que pueden ser añadidos a un proyecto, estas tendrán una serie de propiedades según el elemento que sea y la función que cumpla en el modelo.

Es imprescindible saber que las familias no solo son elementos que componen el modelo, es decir, "simples elementos 3D", las familias contienen una serie de parámetros que serán los que den valor al modelo virtual, gracias a estos se pueden realizar análisis, mediciones, presupuestos y mucha más documentación esencial para la elaboración del proyecto.

Hay tres tipologías de familias:

- **Familias de sistemas:** estas son los elementos más básicos de un proyecto y vienen incorporados en Revit®. Estas pueden ser los muros, suelos u otros elementos que permitan la definición estructural del proyecto.
- **Familias cargables:** recogen elementos que pueden instalarse en un inmueble tales como carpinterías o mobiliario y también ciertos elementos de anotación como cuadros de anotación o símbolos. Estas familias se crean en archivos cargables con una extensión *.rfa.

- Familias in situ: hacen referencia a su nombre debido a que son creadas dentro del proyecto. Estas familias a diferencia de las otras solo contarán con un solo tipo.

Las familias de Revit® optimizan el proyecto cuando la biblioteca de la que se dispone es grande. Es por eso que se recomienda disponer de una biblioteca propia basada en la normativa o en los proveedores que se suelen emplear en los proyectos.

Muchos fabricantes ofrecen sus catálogos como familias de Revit® descargables, para que así puedan ser introducidos directamente en el proyecto con unos parámetros correctos. Estos parámetros podrán darse en una familia por distintos criterios como dimensión, material, resistencia e incluso el coste de esa unidad.⁽²⁰⁾

En el caso particular del barranco de los barrancones la totalidad de los objetos han sido modelados in situ. Esta peculiaridad ha dificultado en gran medida la correcta formación del objeto BIM con toda la entidad del mismo, es decir, los elementos estructurales modelados no han adquirido de manera correcta sus propiedades analíticas. Este fenómeno ha entorpecido la elaboración de una documentación analítica más exhaustiva que fuese permitido el dimensionado y cálculo de algunas características de los elementos estructurales y la interacción entre los mismo.

A cada una de las familias creadas para el modelado del viaducto se le atribuido una plantilla predefina en la base de datos software, se ha tenido en cuenta que cada una de las plantillas fuese totalmente acorde de la funcionalidad y características de la familia creada.

El proceso de modelado ha sido análogo en todos los casos exceptuando el de las vigas pretensadas. Este procedimiento se describe en los siguientes pasos:

- ✓ Creación de un modelo 3D CAD de la geometría del objeto en un formato dwg con el software CIVIL 3D, este procedimiento nace de los planos estructurales descargados del ministerio de fomento y de los cuales se han sacado cada una de las medidas de los objetos y sus materiales para posteriormente ser modelado.
- ✓ Creación de familia de Revit®, para este paso se ha de tener en cuenta las características finales de la familia y para ello se ha de emplear la plantilla más acorde como hemos puntualizado anteriormente.
- ✓ Importación en Revit® de los objetos en formato dwg
- ✓ Atribución de materiales y características a estos objetos geométricos.

A continuación se presentan unas tablas con la relación de cada una de las familias creadas para este proyecto;

4.5.2.1. Vigas de hormigón armado pretensado.

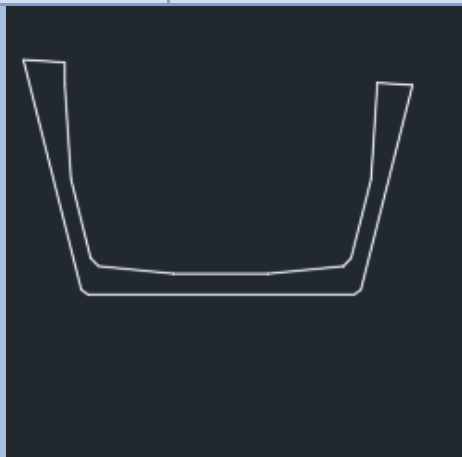
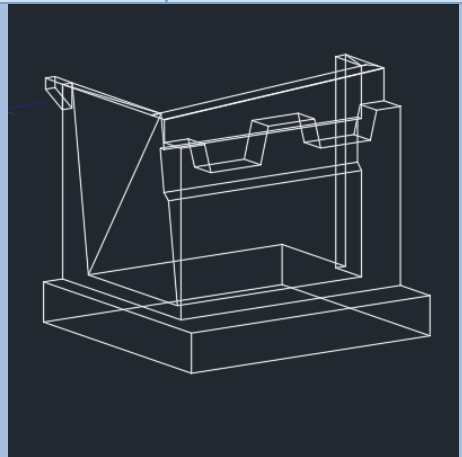
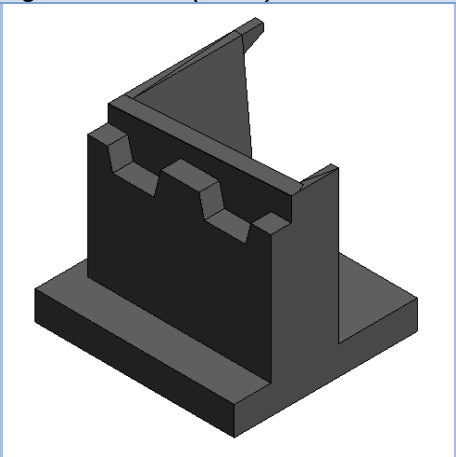
Familia:		Vigas de Hormigón Pretensado	
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	
Características:			
Tipo:	Estructural		
Material:	Hormigón Armado Pretensado		
Armadura:	Si		
Función:	Sujeción de tablero superior de rodadura y transmisión de cargas a estribos.		
Descripción:	Viga prefabricada de hormigón armado pretensado con forma de artesa.		
Observaciones:			

Tabla 3: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.2. Estribos de hormigón armado.

Familia:		Estribo de Hormigón Armado (E1-D)	
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigón pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

Características:	
Tipo:	Estructural
Material:	Hormigón Armado
Armadura:	Si
Función:	Sujeción de vigas pretensadas, transmisión de esfuerzos al terreno y contención de tierras.
Descripción:	Estribo de Hormigón Armado In Situ (geometría según proyecto)
Observaciones:	La geometría de la familia no se comporta de manera estable en ocasiones dado a su complejidad.

Tabla 4: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

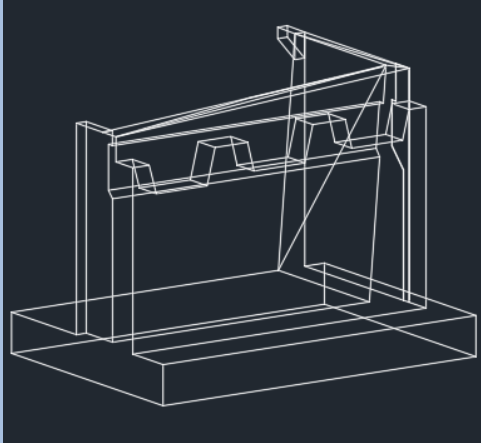
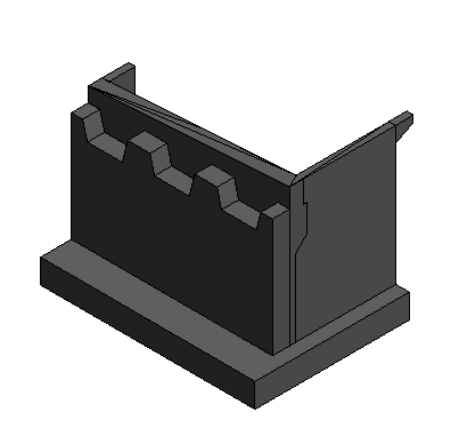
Familia:	Estribo de Hormigón Armado (E1-I)	
		
	Imagen Mod. 3D	Imagen Revit
Características:		
Tipo:	Estructural	
Material:	Hormigón Armado	
Armadura:	Si	
Función:	Sujeción de vigas pretensadas, transmisión de esfuerzos al terreno y contención de tierras.	
Descripción:	Estribo de Hormigón Armado In Situ (geometría según proyecto)	
Observaciones:	La geometría de la familia no se comporta de manera estable en ocasiones dado a su complejidad.	

Tabla 5: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

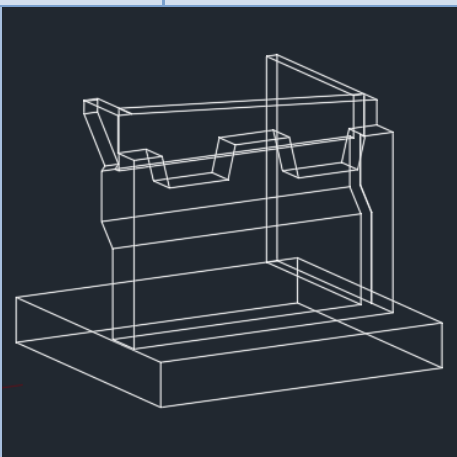
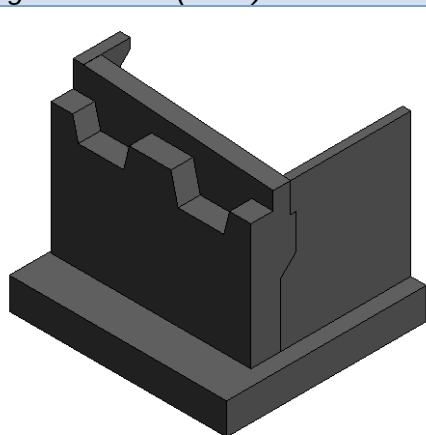
Familia:		Estribo de Hormigón Armado (E2-D)	
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	
Características:			
Tipo:	Estructural		
Material:	Hormigón Armado		
Armadura:	Si		
Función:	Sujeción de vigas pretensadas, transmisión de esfuerzos al terreno y contención de tierras.		
Descripción:	Estribo de Hormigón Armado In Situ (geometría según proyecto)		
Observaciones:	La geometría de la familia no se comporta de manera estable en ocasiones dado a su complejidad.		

Tabla 6: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

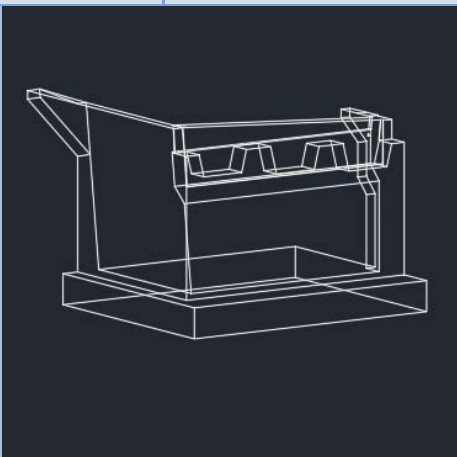
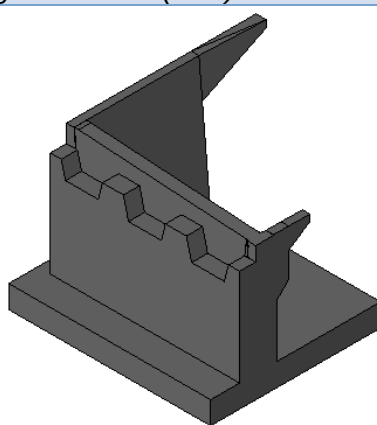
Familia:		Estribo de Hormigón Armado (E2-I)	
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	
Características:			
Tipo:	<i>Estructural</i>		
Material:	<i>Hormigón Armado</i>		
Armadura:	<i>Si</i>		
Función:	<i>Sujeción de vigas pretensadas, transmisión de esfuerzos al terreno y contención de tierras.</i>		
Descripción:	<i>Estribo de Hormigón Armado In Situ (geometría según proyecto)</i>		
Observaciones:	<i>La geometría de la familia no se comporta de manera estable en ocasiones dado a su complejidad.</i>		

Tabla 7: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

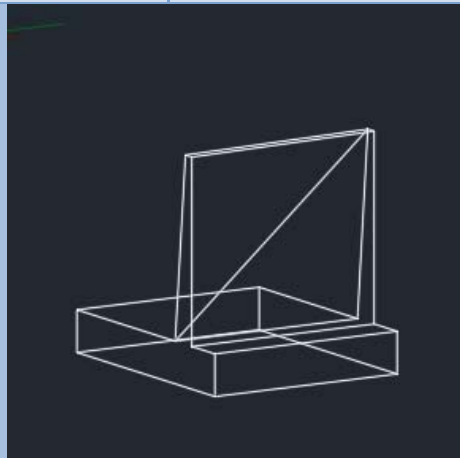
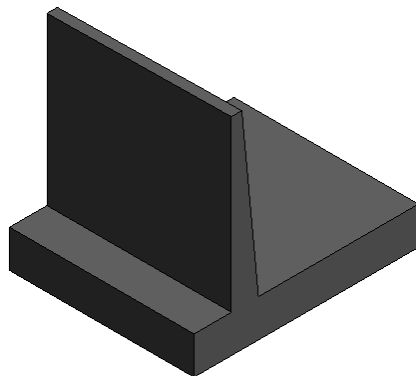
Familia:		<i>Estribo de Hormigón Armado (E1-Muro)</i>	
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	
Características:			
Tipo:	Estructural		
Material:	Hormigón Armado		
Armadura:	Si		
Función:	Contención de tierras.		
Descripción:	Muro de Estribo de Hormigón Armado In Situ (geometría según proyecto)		
Observaciones:			

Tabla 8: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

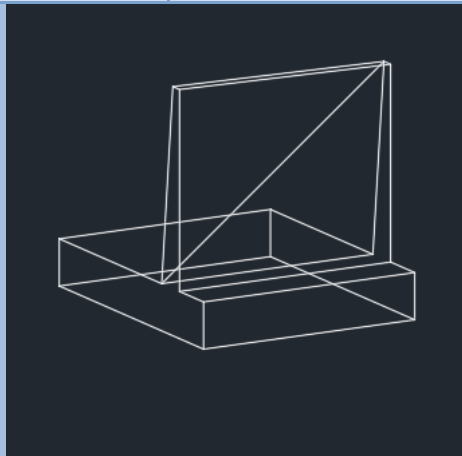
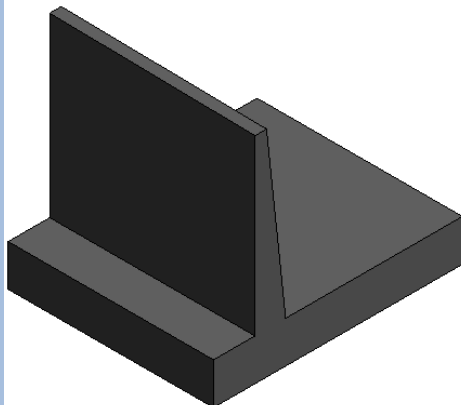
Familia:		<i>Estribo de Hormigón Armado (E2-Muro)</i>	
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	
Características:			
Tipo:	<i>Estructural</i>		
Material:	<i>Hormigón Armado</i>		
Armadura:	<i>Si</i>		
Función:	<i>Contención de tierras.</i>		
Descripción:	<i>Muro de Estribo de Hormigón Armado In Situ (geometría según proyecto)</i>		
Observaciones:			

Tabla 9: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.3. Apoyos de neopreno.

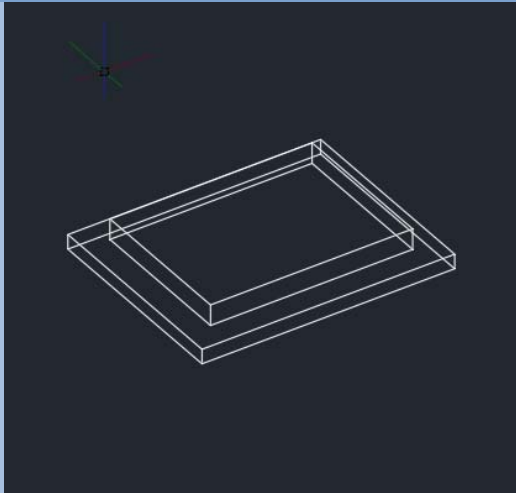
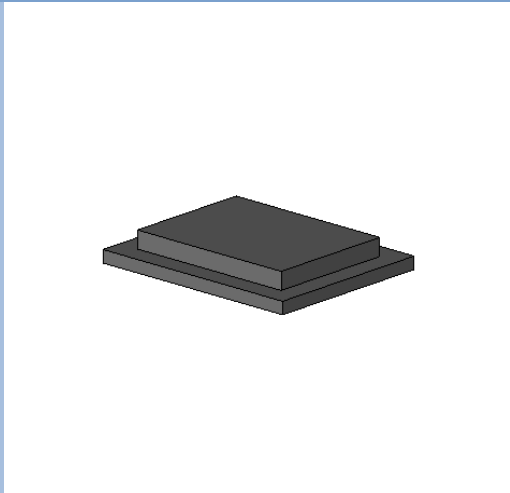
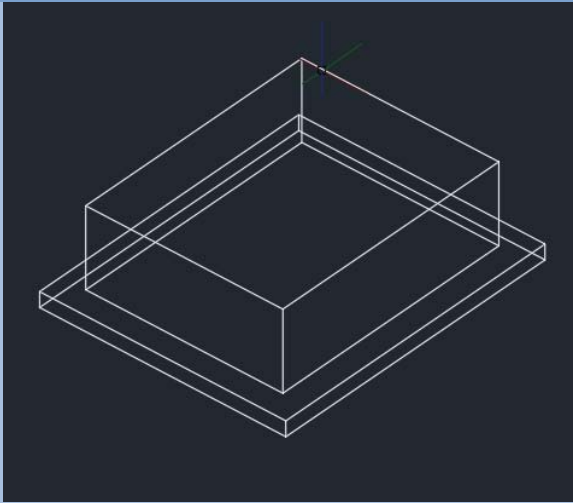
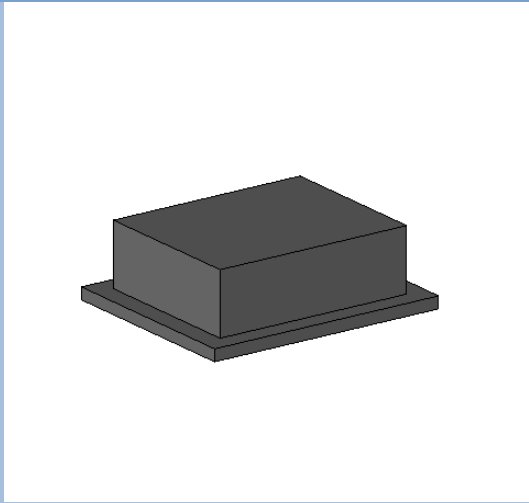
Familia:	<i>Aparato de apoyo de Viga Transversal</i>		
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	
Características:			
Tipo:	<i>Estructural</i>		
Material:	<i>Neopreno y acero.</i>		
Armadura:	<i>No</i>		
Función:	<i>Trasmisión y amortiguación de los esfuerzos desde las vigas a los estribos.</i>		
Descripción:	<i>Elemento estructural para el descanso de vigas estructurales y trasmisión de esfuerzos a los estribos estructurales de la estructura.</i>		
Observaciones:			

Tabla 10: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

Familia:		Aparato de apoyo de Viga Longitudinal	
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

Características:	
Tipo:	Estructural
Material:	Neopreno y acero.
Armadura:	No
Función:	Trasmisión y amortiguación de los esfuerzos desde las vigas a los estribos.
Descripción:	Elemento estructural para el descanso de vigas estructurales y trasmisión de esfuerzos a los estribos estructurales de la estructura.
Observaciones:	

Tabla 11: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

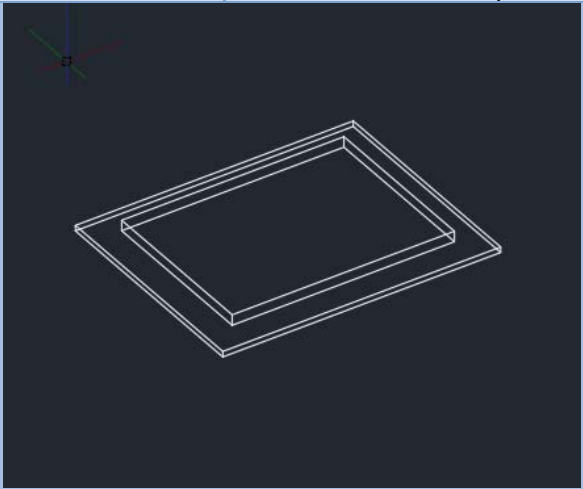
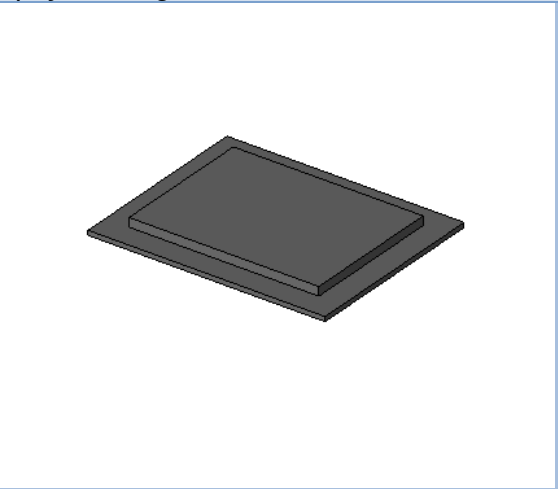
Familia:	Aparato de apoyo de Viga Zunchado	
		
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit
Características:		
Tipo:	Estructural	
Material:	Neopreno y acero.	
Armadura:	No	
Función:	Trasmisión y amortiguación de los esfuerzos desde las vigas a los estribos.	
Descripción:	Elemento estructural para el descanso de vigas estructurales y trasmisión de esfuerzos a los estribos estructurales de la estructura.	
Observaciones:		

Tabla 12: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.4. Tablero de hormigón armado.

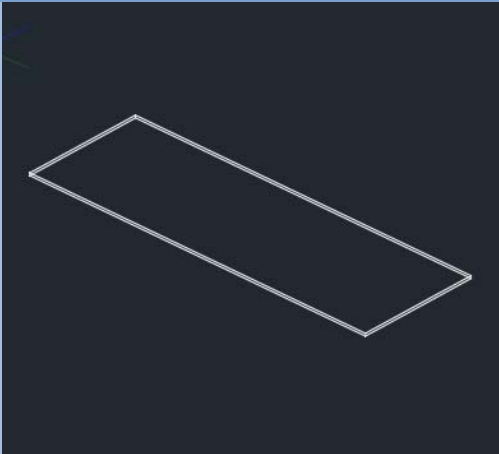
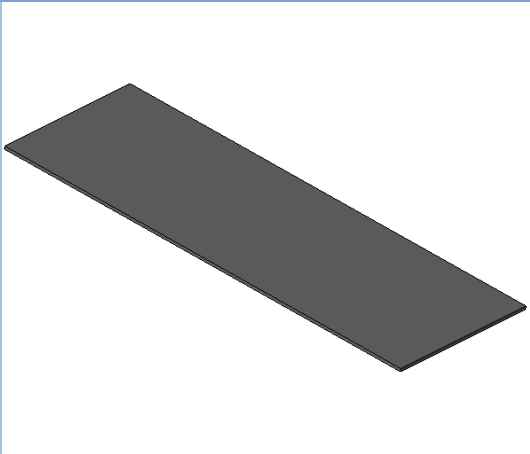
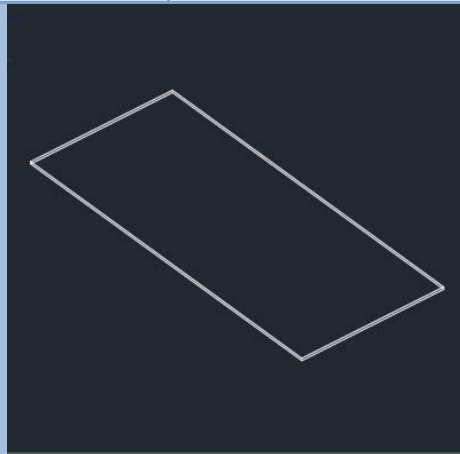
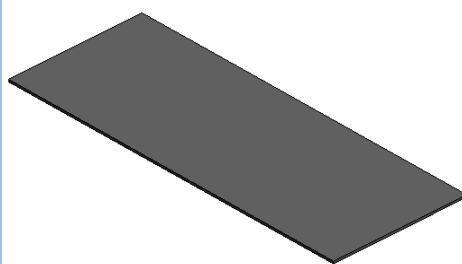
Familia:	Tablero de Hormigón Armado (Derecho)		
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	
Características:			
Tipo:	Estructural		
Material:	Hormigón Armado		
Armadura:	SI		
Función:	Soporte de paso de vehículos rodados, transmisión de esfuerzos a elementos estructurales inferiores.		
Descripción:	Tablero de Hormigón Armado In Situ para el soporte del tráfico rodado de alta intensidad.		
Observaciones:			

Tabla 13: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

Familia:	Tablero de Hormigón Armado (Izquierdo)		
			
Imagen Mod. 3D		Imagen Revit	
Características:			
Tipo:	Estructural		
Material:	Hormigón Armado		
Armadura:	SI		
Función:	Soporte de paso de vehículos rodados, transmisión de esfuerzos a		

	<i>elementos estructurales inferiores.</i>
Descripción:	<i>Tablero de Hormigón Armado In Situ para el soporte del tráfico rodado de alta intensidad.</i>
Observaciones:	

Tabla 14: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.5. Pretilos Metálicos.

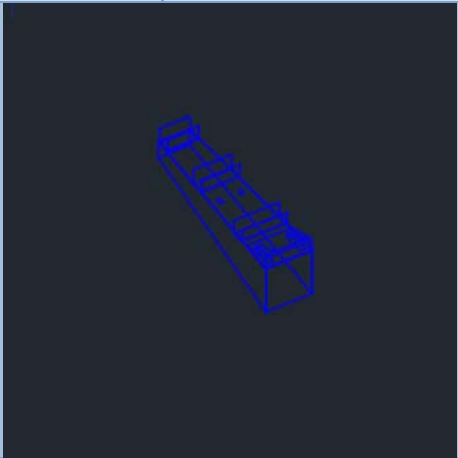
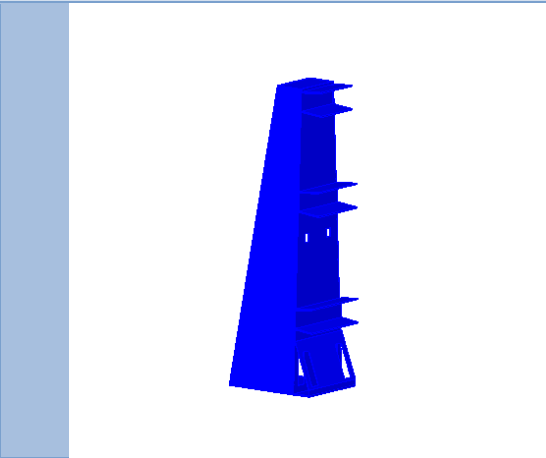
Familia:	<i>Pretilos Metálicos.</i>	
		
	<i>Imagen Mod. 3D</i>	<i>Imagen Revit</i>
Características:		
Tipo:	<i>Protección y balizamiento</i>	
Material:	<i>Acero Galvanizado</i>	
Armadura:	<i>No</i>	
Función:	<i>Protección contra posibles impactos que impliquen el precipitado de vehículos por los laterales de la estructura y señalización.</i>	
Descripción:	<i>Pretilos metálicos tipo H2 para el balizamiento y protección de calzadas en estructuras superiores.</i>	
Observaciones:		

Tabla 15: Tabla descriptiva de familia Revit® generada.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Importación de datos topográficos al proyecto.

Anteriormente, concretamente en el punto 4.3.3 del presente documento se ha descrito el proceso llevado a cabo para la correcta extracción de datos para un MDT de manera depurada. Retomamos estos datos para su importación dentro del modelo de Revit®, esta importación se hace de manera sencilla y sin que intervenga gran cantidad de información.

Revit® gestiona la información relativa al terreno con lo que denomina “masas y emplazamiento”, dentro de la cinta de opciones superior que se presenta en la

interface principal encontramos la pestaña de MASAS Y EMPLAZAMIENTO, dentro de esta pestaña encontramos la pestaña MODELAR EMPLAZAMIENTO, es aquí donde se gestiona todo lo relativo al terreno en el software.

Para la correcta importación de los datos topográficos extruidos con anterioridad se ha entrar en el menú SUPERFICIE TOPOGRÁFICA, desde este menú utilizaremos la opción CREAR SUPERFICIE DESDE IMPORTACIÓN, previamente a este paso es fundamental exportar los datos extraídos como un elemento CAD como tal y como se ha descrito en puntos anteriores.

Una vez seguido este procedimiento obtendremos la superficie topográfica centrada en el punto de referencia configurado en el proyecto.

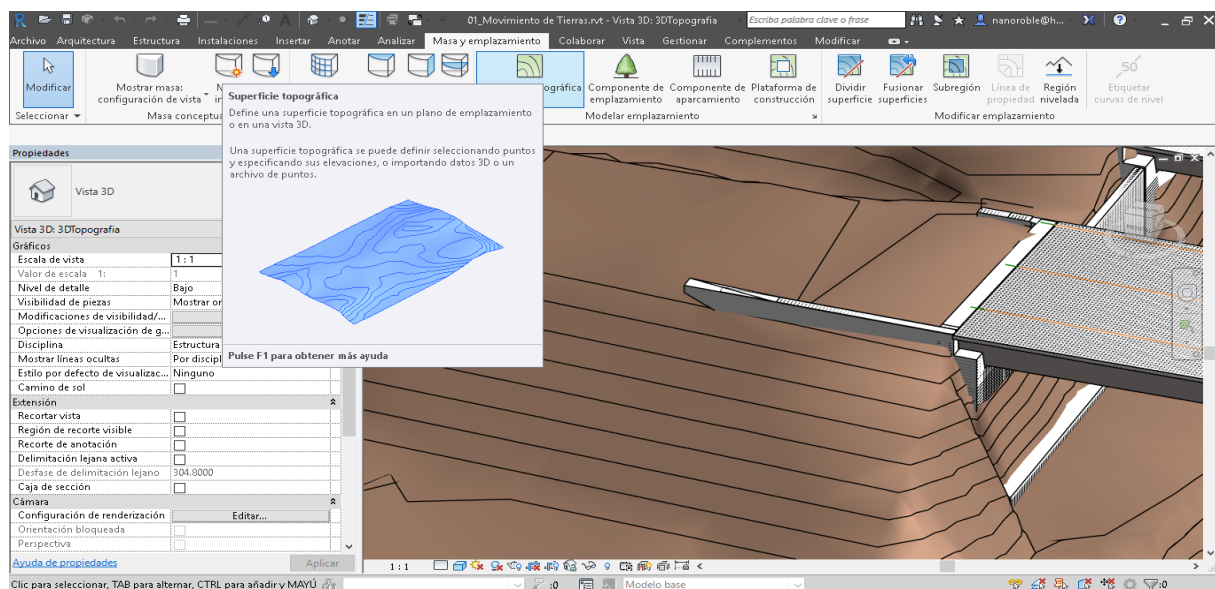


Imagen 29: Captura de pantalla del acceso al menú de creación y modificación de superficies topográficas.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4. Carga de familias generadas al proyecto en Revit®.

Todas y cada una de las familias generadas para este proyecto son archivos externos al proyecto con una extensión .rfa. Revit® permite al usuario importar en el proyecto cada familia de manera ordenada y sencilla. Todas las familias son organizadas respondiendo cada una de ellas a su naturaleza, es decir, si se genera una nueva viga estructural, el programa ha de reconocerla como tal y por tanto cuando el usuario busque dentro del menú de vigas estructurales el programa mostrará la familia de vigas introducidas de manera externa.

El procedimiento de cargas de familias de Revit® es muy sencillo; dentro de la pestaña INSERTAR encontramos el apartado CARGA DESDE BIBLIOTECA, en este apartado pulsando CARGAR FAMILIA se desplegará un menú contextual

donde podremos explorar por las carpetas del equipo en busca del archivo .rfa de la familia de objetos BIM deseada.

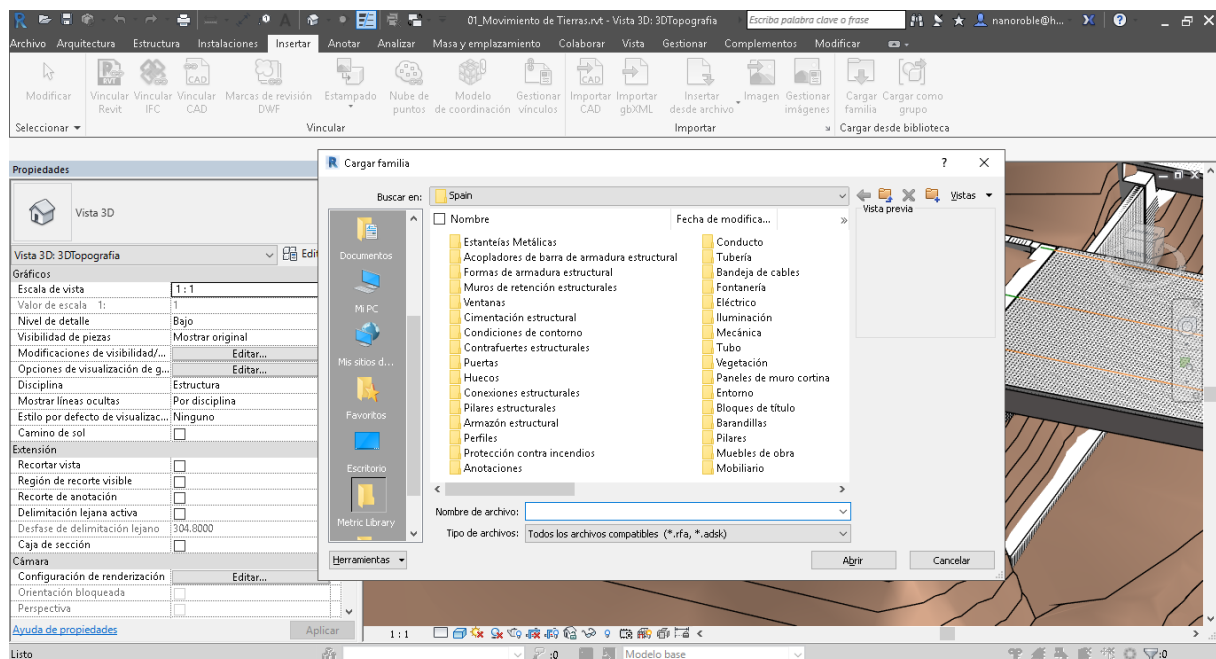


Imagen 29: Captura de pantalla del menú contextual para la carga de archivos .rfa

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5. Refuerzo estructural de elementos según la descripción del proyecto.

Conforme a la ejecución del proyecto oficial se procede a realizar el refuerzo estructural dentro del software, este refuerzo trata de representar de manera gráfica y analítica las funciones que ejercen barras de acero de diferentes calibres, con una distribución determinada en el comportamiento y funcionamiento de la estructura, y en consecuencia de los esfuerzos que esta experimenta. Dada la complejidad de la estructura y la poca preparación del programa frente a elementos que se salen de lo puramente arquitectónico ha sido complicado implementar de manera correcta tanto las distribuciones variables de las barras de acero en determinadas secciones como de la correcta distribución de las mismas. No obstante se ha realizado un trabajo minucioso a la hora de insertar cada elemento de refuerzo intentando ser lo más fiel a la distribución presentada en los planos.

Para la colocación de armadura se ha seguido el siguiente procedimiento descrito por Autodesk®;

Coloque los ejemplares de armaduras individuales en vistas en sección de anfitriones válidos.

1. Haga clic en la ficha Estructura ► menú desplegable del grupo Refuerzo ►  Configuración de refuerzo. Determine si la coincidencia de formas de armadura hace referencia a algún gancho. Es importante especificar esto antes de colocar ninguna armadura en el proyecto, ya que posteriormente no se puede cambiar en el proceso de diseño. Cierre el cuadro de diálogo cuando haya terminado.

2. Haga clic en la ficha Estructura ► grupo Refuerzo ►  (Armadura).

Nota: La herramienta también está disponible en la ficha contextual de selección de los elementos que son anfitriones de armadura válidos.

3. Haga clic en Modificar|Colocar armadura ► grupo Métodos de inserción ►  (Armadura)
4. En el selector de tipo, situado en la parte superior de la paleta Propiedades, seleccione el tipo de armadura deseado.
5. **Opcional.** Si es necesario, haga clic en la ficha Modificar | Colocar armadura ► grupo Familia ►  (Cargar formas) para cargar otras formas de armadura.
6. En el selector Forma de armadura de la barra de opciones o en el Navegador de formas de armadura, seleccione la forma de armadura que quiera.
7. Seleccione el plano de colocación. Haga clic en uno de los siguientes planos de colocación en la ficha Modificar | Colocar armadura ► grupo Plano de colocación.

- o  (Plano de trabajo actual)
- o  (Referencia de recubrimiento cercana)
- o  (Referencia de recubrimiento lejana)

El plano define dónde se colocará la armadura en el anfitrión.

8. Seleccione la orientación o perspectiva de colocación.

Armadura plana

Haga clic en una de las siguientes orientaciones de colocación de la ficha Modificar | Colocar armadura ► grupo Orientación de colocación.

- o  (Paralela a plano de trabajo)
- o  (Paralela a recubrimiento)
- o  (Perpendicular a recubrimiento)

La orientación define cómo se alinea la armadura cuando se coloca en el anfitrión.

Armadura multiplanar

Haga clic en una de las siguientes perspectivas de colocación en la ficha Modificar | Colocar armadura ► grupo Perspectiva de colocación.

- o  (Superior)
- o  (Inferior)
- o  (Frontal)
- o  (Posterior)
- o  (Derecha)
- o  (Izquierda)

La perspectiva define qué lado de la familia de armaduras multiplanares es paralelo al plano de trabajo.

9. Si se coloca una armadura de estilo estándar junto a una armadura de estilo de estribo/tirante, se forzará el cursor de la armadura estándar a lo largo del borde de la armadura de estilo de estribo/tirante. Esto incluye los bordes rectos, así como los empalmes y ganchos de la armadura de estribo/tirante.
10. Haga clic para colocar la armadura en el anfitrión. Si es necesario, pulse la barra espaciadora durante la colocación para girar la orientación de la forma de armadura dentro de la referencia de recubrimiento. Se puede cambiar la orientación tras la colocación seleccionando la armadura y usando la barra espaciadora del mismo modo.

Si necesita colocar una armadura paralela a un borde distante del anfitrión, coloque el cursor cerca del borde y, a continuación, mantenga pulsada la tecla Mayús. El borde se resaltará. Mantenga pulsada la tecla Mayús y coloque la armadura donde sea necesario.

Por defecto, la longitud de la armadura será la del elemento anfitrión o la de otros elementos anfitriones dentro de las restricciones de la referencia de recubrimiento. Para editar longitudes, active una vista de plano o de alzado, seleccione el ejemplar de armadura y modifique los puntos finales según se requiera.⁽²¹⁾

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

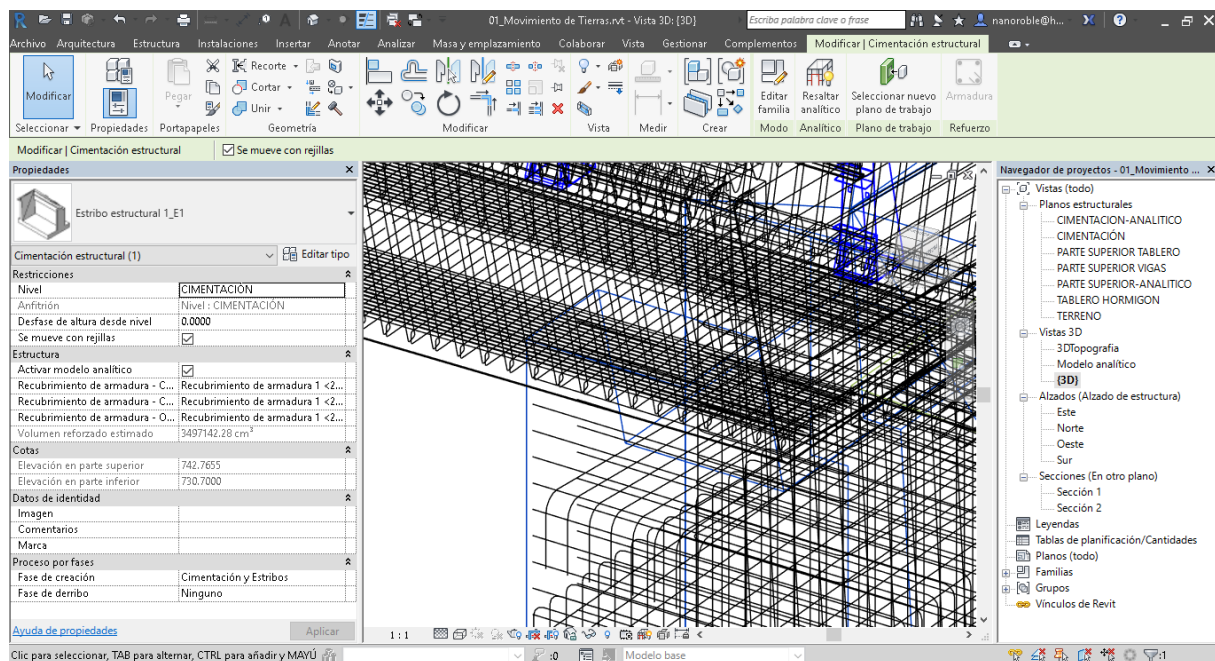


Imagen 30: Captura de pantalla detalles de ferralla en uno de los estridos y vigas.

Fuente: Elaboración propia.

Al margen de la labor de introducir el refuerzo estructural, se ha tenido en cuenta las propiedades mecánicas del pretensado en vigas estructurales, aplicando estas propiedades dentro del modelo analítico de esta familia.

4.5.6. Importación de modelo 3D a CIVIL3D® para la generación de MDT modificado.

Revit® no provee al usuario de un motor de cálculo de movimiento de tierras, ni tan siquiera ostenta un módulo de gestión del terreno avanzado que permitiese evaluar estas cubriciones de manera profesional, esta carencia fuerzan al usuario a implementar soluciones para obtener estas superficies modificadas de terreno.

En el caso del viaducto de los Barrancones se ha optado por la integración del modelo obtenido con Revit® en archivo formato dwg del software Civil 3D.

Para ello simplemente se ha procedido a la exportación del modelo n formato dwg tal y como el software lo facilita desde el menú ARCHIVO>>EXPORTACION.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

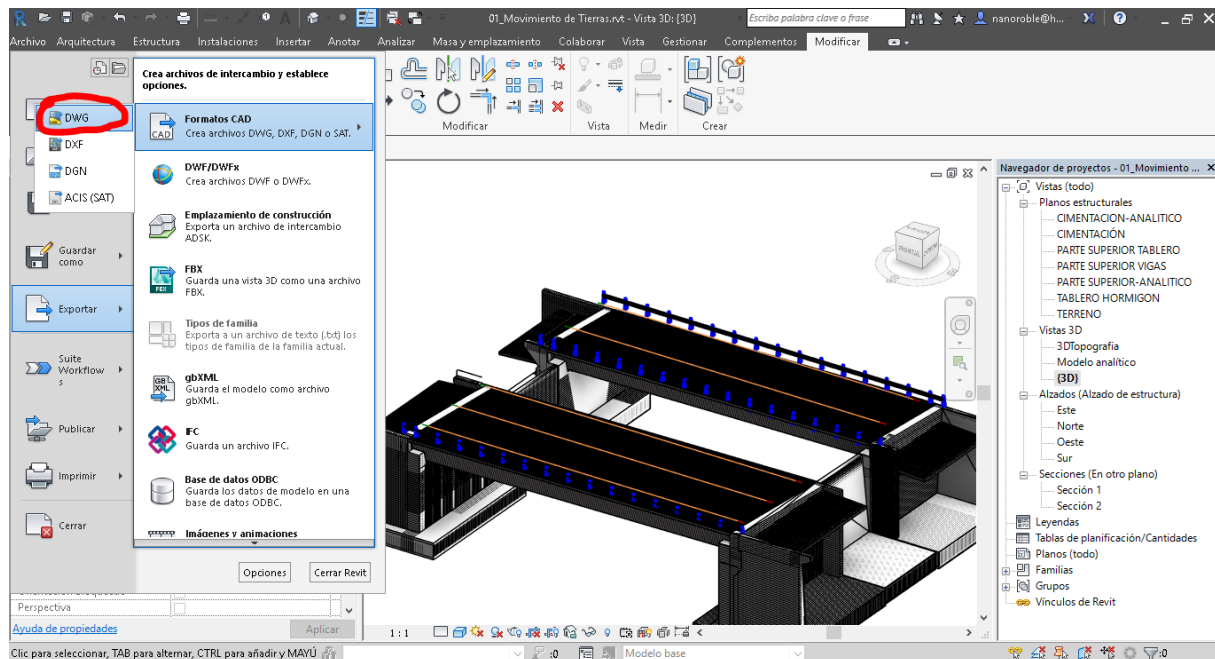


Imagen 31: Captura de pantalla menú de exportación de geometría 3D

Fuente: Elaboración propia.

4.5.7. Generación de MDT modificado a partir de polilínea 3D generadas en CIVIL 3D®.

Una vez importada la geometría 3D en el software Civil 3D® se procede de manera análoga que en el punto 4.3.3 del presente documento. A este procedimiento se le añade la creación entidades auxiliares propias del software para la obtención de las geometrías afines al movimiento de tierra. Estas entidades generadas son;

- ✓ **Líneas Características:** Las líneas características en civil son elementos lineales los cuales están emplazados de una manera particular en el programa y además soportan un nivel de edición entre vértices y segmentos de muy alta calidad. Estas cualidades las hacen imprescindibles a la hora de generar geometrías complejas que puedan ser útiles en el tratamiento de tierras.
- ✓ **Ensamblajes:** Los ensamblajes en civil no son más que representaciones analíticas y geométricas de las secciones tipo desarrolladas para los proyectos viales. Estas secciones tipo son totalmente personalizables además de contar con una amplia paleta de hermanitas donde el software presenta multitud de elementos pre configurados que pueden ser añadidos a estas secciones y editados en practicante su totalidad.
- ✓ **Ejes:** Los ejes son elementos que definen el trazado planimétrico del vial, sobre ellos se desarrolla la planificación de la obra lineal. El eje del trazado

es de vital importancia en la definición de la obra, ya que funciona como referencia de cada actuación interna del cálculo.

- ✓ Perfil analítico: Los perfiles analíticos son combinaciones visuales que integran al eje y al terreno. Sobre ellos se diseñan rasantes necesarias para el posterior movimiento de tierras que calcula el programa.
- ✓ Rasante: La rasante es la representación altimétrica del trazado sobre el perfil analítico longitudinal.
- ✓ Obra lineal: Es la combinación analítica del conjunto de elementos generados de manera independiente, en ella se generan todos los cálculos relativos a la interacción de las diferentes entidades.

Con todos los elementos descritos se procede a generar a partir de la geometría importada líneas características fieles a esta geometría. Estas líneas se añadirán una nueva superficie creada para cada estribo, obteniendo el modelo 3D de la geometría de contención de cada estribo. A su vez estas superficies se añadirán a la superficie MDT base del proyecto, quedando integradas estas geometrías en las mismas.

Se procede a representar esta superficie modificada en la el perfil analítico longitudinal creado en base al eje del proyecto.

Sobre este perfil se diseña una rasante, esta rasante respetará los parámetros geométricos del proyecto.

Una vez contruidos todos los elementos integrada la sección tipo acorde al proyecto se genera en el software lo que se denomina Obra lineal.

Sobre esta obra lineal se generan unas nuevas superficies de movimiento de tierras acordes a esta nueva geometría, estas superficies se añaden a la superficie modificada obteniendo la superficie tridimensional de movimiento de tierra final.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

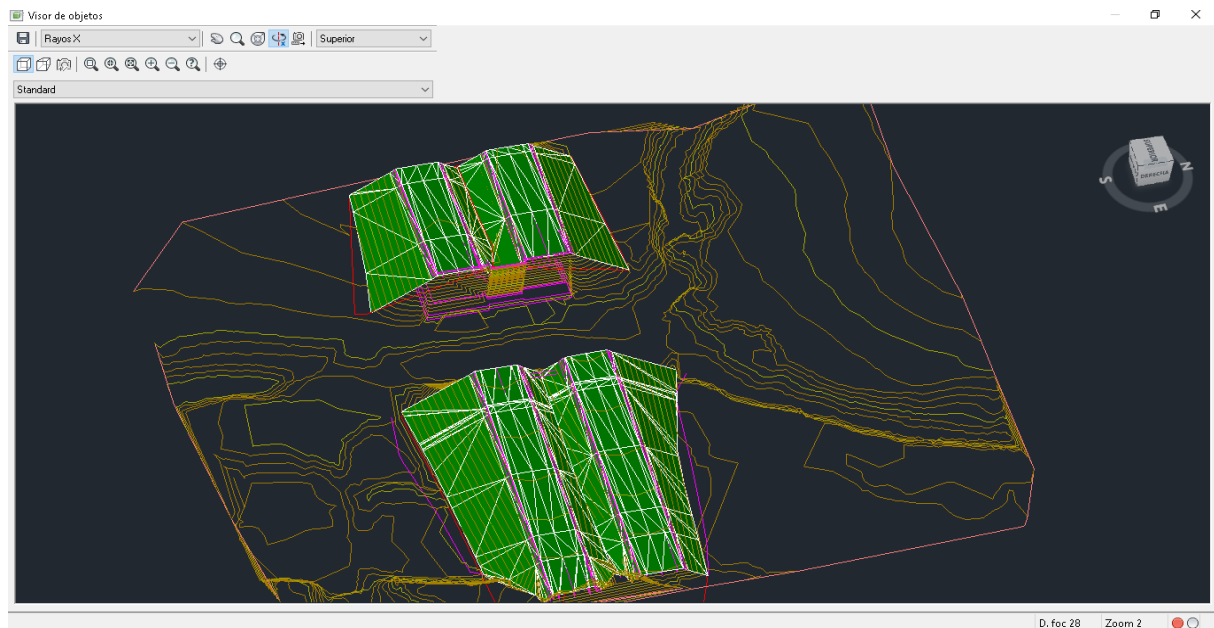


Imagen 32: Captura de pantalla representación de superficie modificada en visor 3D de Civil.
Fuente: Elaboración propia.

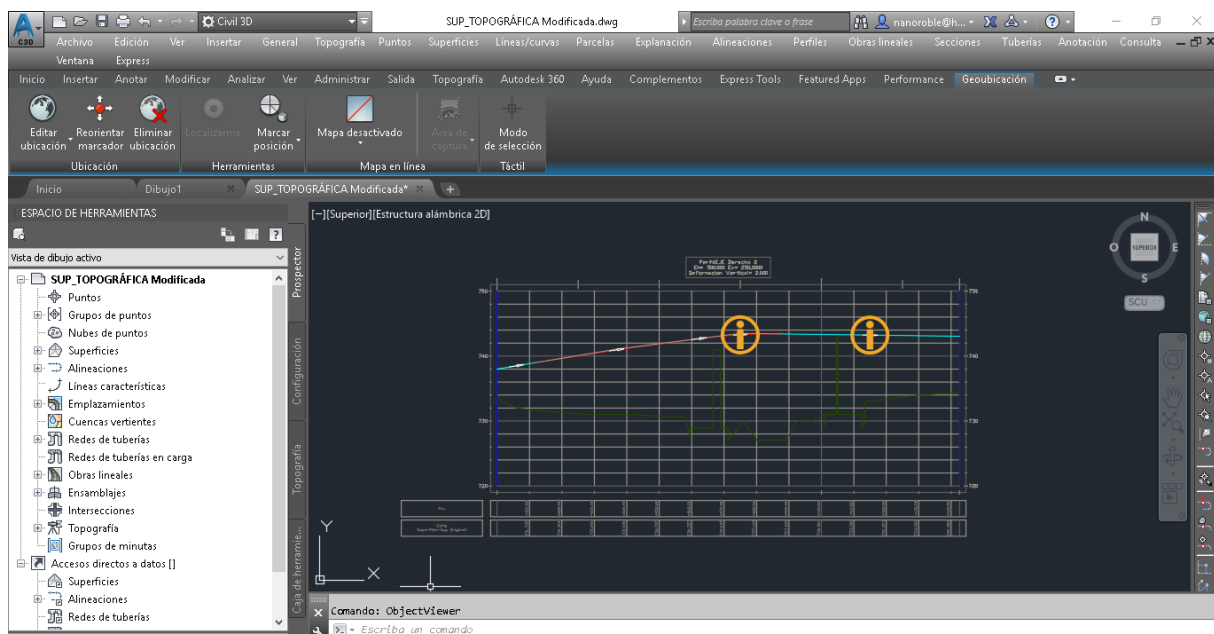


Imagen 33: Captura de pantalla sección longitudinal (terreno modificado en verde y rasante con acuerdos verticales en azul y rojo)
Fuente: Elaboración propia.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

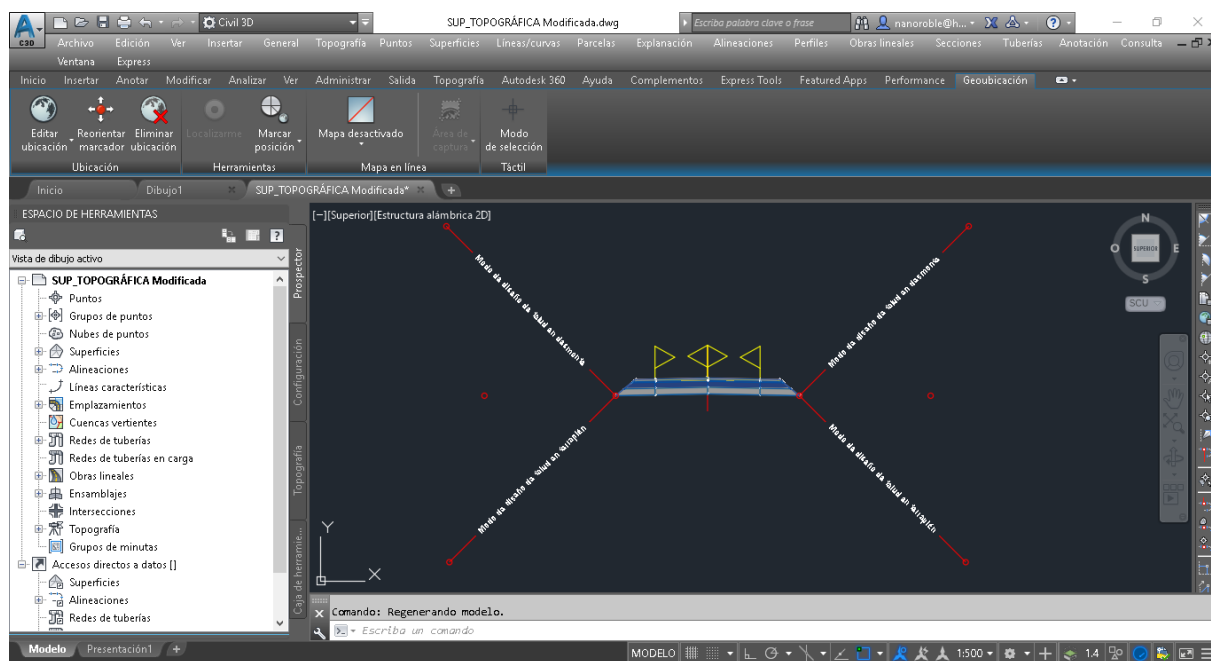


Imagen 34: Captura de pantalla sección tipo generada.

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Análisis estructural básico en Revit®.

Revit® tiene en cuenta los aspectos estructurales más generales en cuanto al modelo analítico de los elementos. Sobre estos elementos analíticos atribuidos al modelo físico en los que cabe hacer operaciones básicas de análisis estructural.

Para la preparación previa al análisis estructural Revit® permite atribuir al modelo condiciones de contorno y cargas.

Una vez atribuidas las cargas y condiciones de contorno relevantes acordes al destino de la estructura, el software permite la importación directa a modo de complemento al software de la firma Autodesk® Robot®.

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

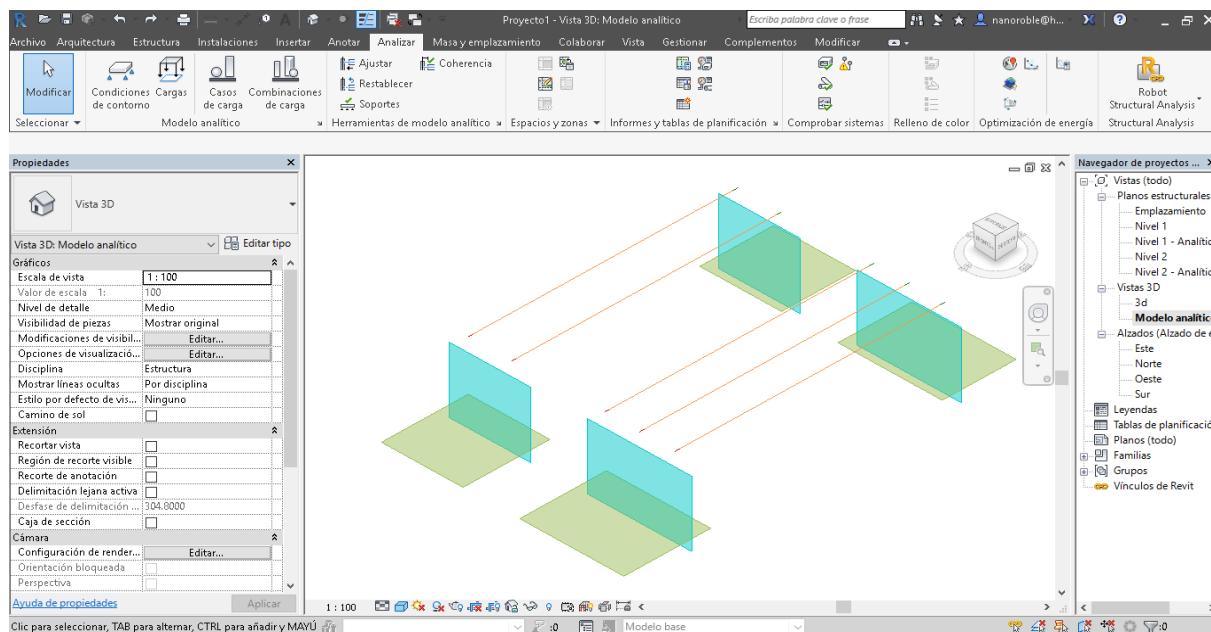


Imagen 35: Captura de pantalla modelo analítico estructural.

Fuente: Elaboración propia.

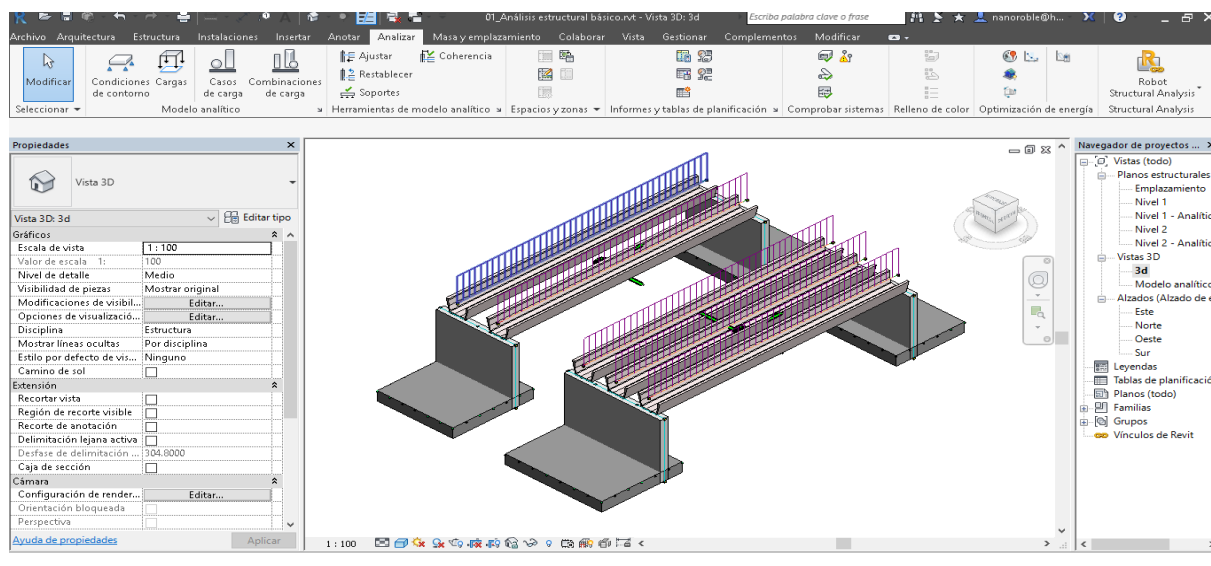


Imagen 36: Captura de pantalla colocación de cargas lineales sobre vigas.

Fuente: Elaboración propia.

4.6.1. Importación automática a Robot®

El programa Robot® ofrece distintos tipos de análisis de estructuras tales como estático lineal, no lineal de 2º orden (p delta), pandeo global o análisis sísmico y detalla los resultados obtenidos en el cálculo tanto de forma gráfica como tabular.⁽²²⁾

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigón pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

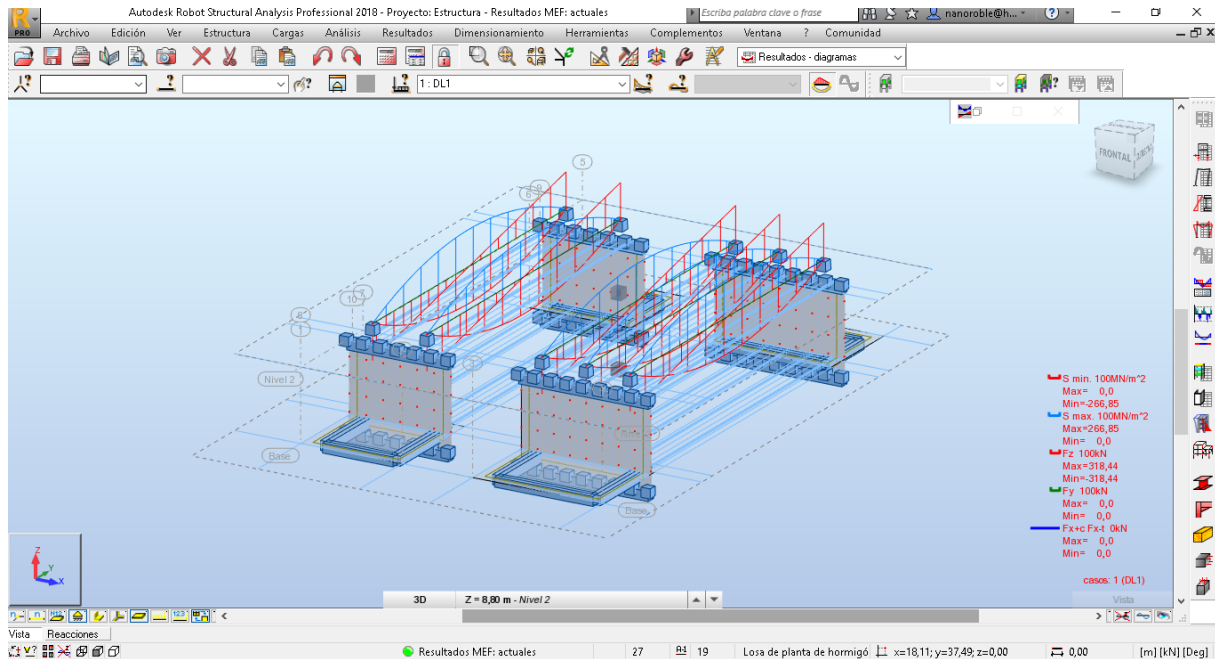


Imagen 37: Captura de pantalla diagrama de esfuerzos en Robot®

Fuente: Elaboración propia.

Robot® tiene la ventaja de asociarse de manera directa con Revit®, esta asociación la hace cargando proyectos de manera automática, es decir, el usuario que trabaja en Revit® tiene la posibilidad de mandar de manera directa el modelo a Robot® usando el siguiente flujo de comandos; ANALISIS>>ANALISIS ESTRUCTURAL>>ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS LINK

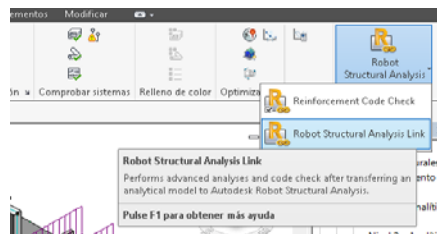


Imagen 38: Captura de pantalla link de concesión entre ambos software..

Fuente: Elaboración propia.

De forma automática Robot® se abrirá mostrando el modelo exportado desde Revit®.

Dentro del software de análisis estructural podremos pedir al modelo cualquier dato relativo al comportamiento de la estructura y analizar posibles deformaciones, esfuerzos etc. Evidentemente el objeto de este estudio y este documento no es entrara en los pormenores de un análisis estructural exhaustivo, es mas el análisis realizado a la estructura no tienen otro fin que mostrar la interoperabilidad que ofrece el sistema asociado entre los diferentes software.

No obstante se añadirán los archivos .rtd donde se recogerán los datos analíticos mas relevantes de la estructura a modo de esbozo de la potencia y característica de el software y la recomendable conexión entre ambos.

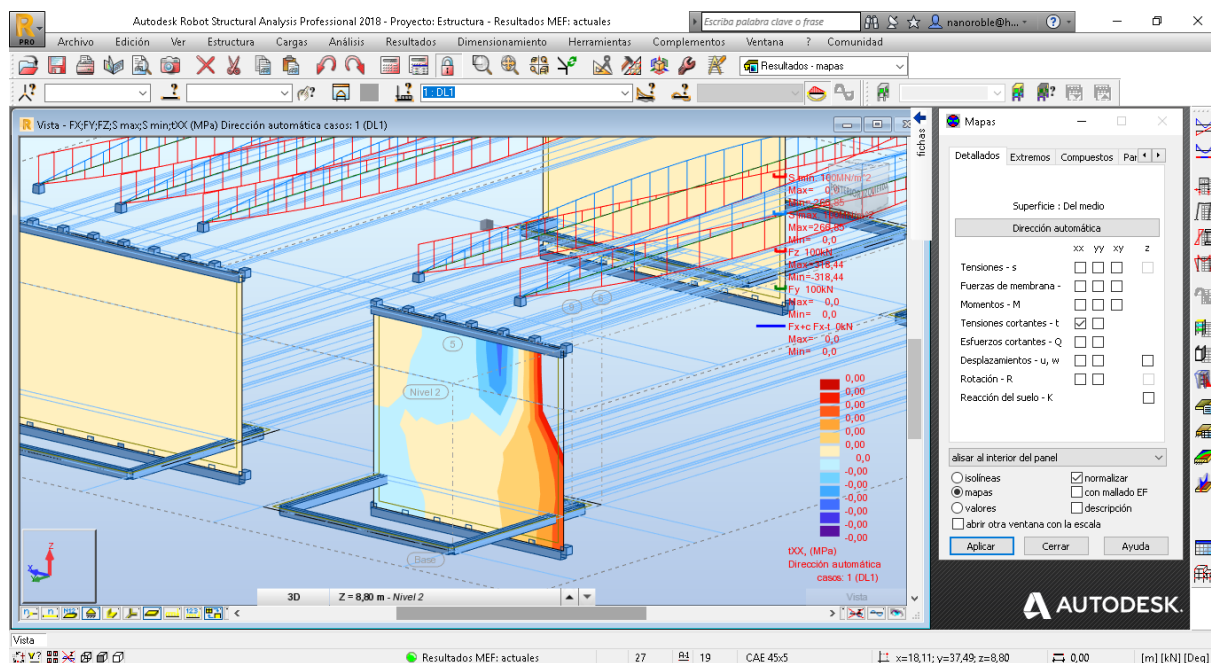


Imagen 39: Captura de pantalla análisis de tensiones cortantes estructurales.

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Planificación y control de ejecución por medio de NavisWorks®.

Podemos decir que Navisworks® es una de las mejores herramientas que encontramos hoy en día en el mercado para la visualización de proyectos, archivos y trabajos en 3D. Un programa de software de gráficos para ordenadores que se ha vuelto muy popular en el mercado corporativo y entre los profesionales de las materias de diseño, diseño arquitectónico y ramas similares que aprovechan las ventajas y los beneficios que esta herramienta puede tener para ellos. Por ejemplo, entre los diferentes usos y las diferentes formas en las que podemos usar Navisworks encontramos la representación y generación de animaciones o imágenes y elementos en 3D, la navegación interactiva dentro del proyecto y la representación digital que hemos realizado, la vinculación de campos de información para completar el trabajo, la comprobación de interferencias, incidencias y posibles errores que a la hora de realizar la obra o el proyecto en la vida real puedan surgir, la simulación de construcción 4D para comprender en profundidad y saber cómo se realizará la construcción del mismo, por ejemplo, si fuera un edificio y una obra arquitectónica, etc.⁽²³⁾

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada" utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

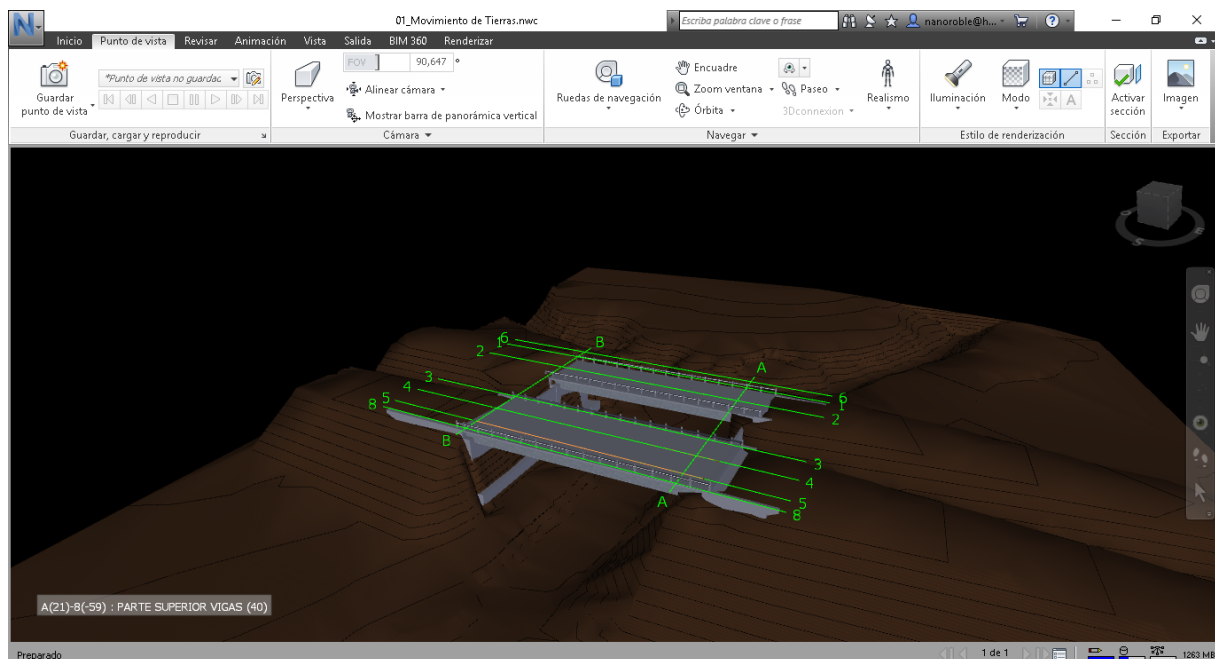


Imagen 40: Captura de pantalla interface gráfica Navisworks Manage 2019

Fuente: Elaboración propia.

En esta parte del documento se ha querido representar de forma superficial la integración de este software en el entorno BIM y como es de gran ayuda en la ejecución del proyecto. Por ello se ha diseñado un diagrama temporal en el que se ha asignado al proyecto tiempo de construcción en las diferentes fases de obra. Con esto se consigue una representación realista de cómo ha de disponerse los elementos intervinientes en cada una de las fases. Junto con el diagrama se obtiene una animación 3D que aporta una plus de calidad a la hora de poder transmitir la información relativa a los tiempos de ejecución a personal externo al proyecto o personal no técnico.

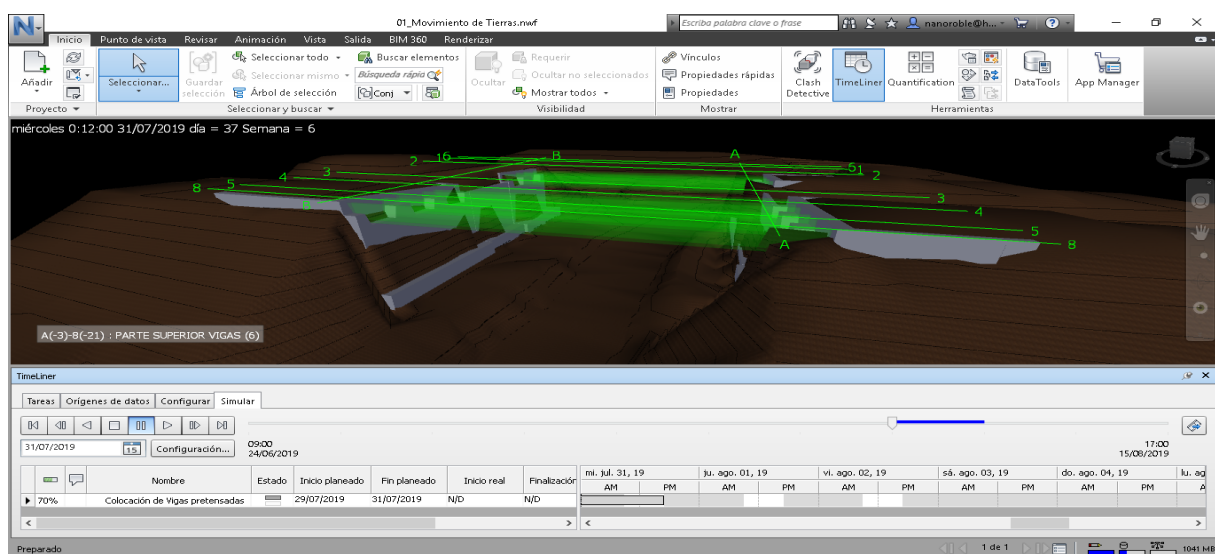


Imagen 41: Captura de pantalla planificación de ejecución con Navisworks®.

Fuente: Elaboración propia.

de obra el programa ofrece una potente herramienta encargada de detectar

inconsistencias constructivas en el modelo y por tanto anticiparse a supuestos contratiempo futuros que a simple vista no son perceptibles por el personal técnico.

En el caso del modelo se han detectado algunas inconsistencias relativas a una de las piezas, esto pone de manifiesto el error cometido y da la posibilidad al proyectista de subsanarlo a tiempo sin que esta acción apenas repercuta en el correcto desarrollo de la ejecución.

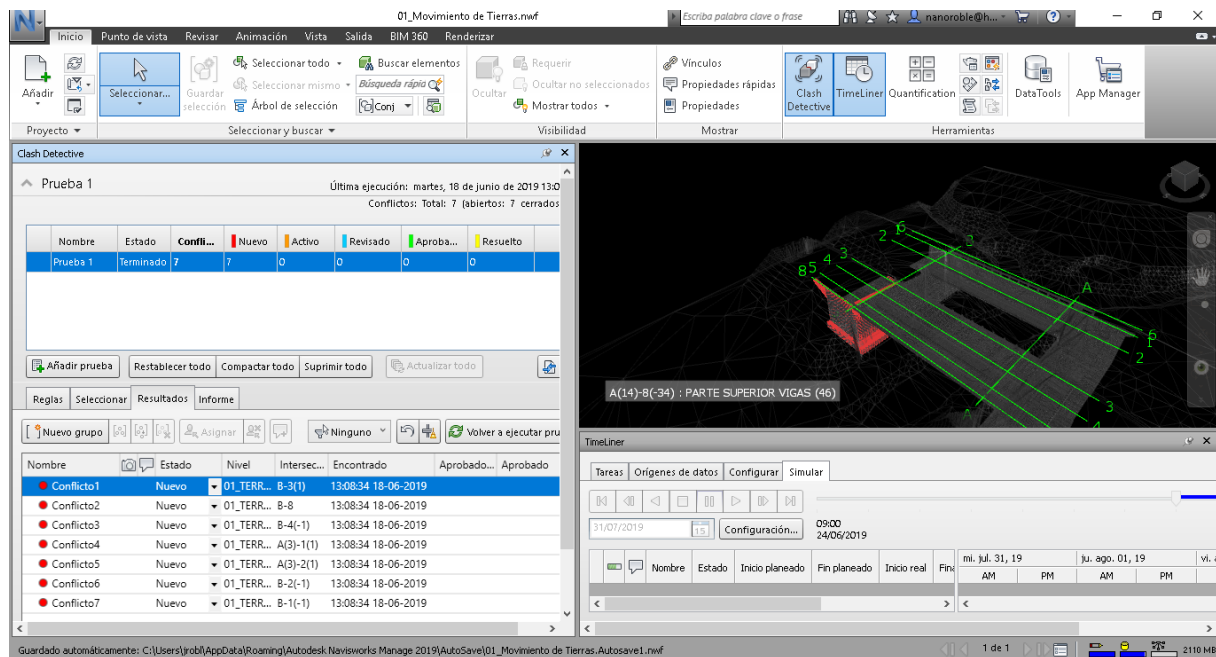


Imagen 42: Captura de pantalla planificación de ejecución con Navisworks®.

Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones.

Es cierto que la filosofía BIM se encuentra en plena expansión, las compañías del sector y los desarrolladores trabajan de forma continua para mejorar e implantar el sistema al cien por cien, no obstante esta expansión ha sufrido un enfoque notable hacia el sector de la arquitectura, este enfoque se ve perseguido de cerca por el sector de la ingeniería aunque aún es reseñable la distancia. Esta distancia repercute en una dificultad notable a la hora de acometer proyectos fuera del ámbito arquitectónico, esta dificultad es solventable mediante esfuerzo e ingenio lo que permite sortear las carencias técnicas que a día de hoy presenta el software disponible y las bibliotecas de información BIM existentes en la red.

Es interesante observar las posibilidades del sistema BIM a la hora de encadenar información tan relevante en el diseño y ejecución como son el modelado, el dimensionado, la simulación de ejecución, etc. Este encadenamiento de información

favorece de gran forma la integración entre los diferentes actores que intervienen en las diferentes fases de una obra de ingeniería.

Dicho esto, y al margen de las dificultades técnicas se ha podido obtener un resultado satisfactorio de la implementación del proyecto "Viaducto de los Barrancones" en el grado de exactitud acorde al estudio técnico cuyo fin no es otro que el meramente académico.

6. Referencias Bibliográficas.

1. esBIM. (2019). *Sobre BIM*. [online] Available at: <https://www.esbim.es/> [Accessed 15 May 2019].
2. López, Rafael Riera. Definición y objetivos del BIM, Introducción, BIM A0. Introducción al BIM. s.l. : Zigurat.
3. Guillén, J., Guillén, J. and perfil, V. (2019). *NIVELES DE MADUREZ Y DIMENSIONES DEL BIM*. [online] Jguillen07.blogspot.com. Available at: <http://jguillen07.blogspot.com/2015/11/niveles-de-madurez-y-dimensiones-del-bim.html> [Accessed 22 May 2019].
4. Guillén, J., Guillén, J. and perfil, V. (2019). *NIVELES DE MADUREZ Y DIMENSIONES DEL BIM*. [online] Jguillen07.blogspot.com. Available at: <http://jguillen07.blogspot.com/2015/11/niveles-de-madurez-y-dimensiones-del-bim.html> [Accessed 22 May 2019].
5. Engineers & Architects. (2019). *IFC e interoperabilidad en BIM - Engineers & Architects*. [online] Available at: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/ifc-e-interoperabilidad-en-bim/> [Accessed 22 May 2019].
6. Casellas, T. (2019). *Qué es COBie | MSI STUDIO*. [online] MSI STUDIO. Available at: <https://www.msistudio.com/que-es-cobie/> [Accessed 22 May 2019].
7. s.l.: Zigurat. López, Rafael Riera. Modelado Digital 3D, Capacidades tecnológicas del BIM, BIM A.0 Introducción al BIM.
8. Imasgal. (2019). *Nivel de desarrollo (LOD) en BIM*. [online] Available at: <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/> [Accessed 22 May 2019].
9. xxEs.wikipedia.org. (2019). *Revit*. [online] Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Revit> [Accessed 22 May 2019].

10. User, S. (2019). *InfraWorks 360*. [online] Academia.ingnova.es. Available at: <https://academia.ingnova.es/cursos-online/diseno-asistido-por-ordenador/infraworks-360> [Accessed 22 May 2019].
11. 3dcadportal.com. (2019). *Que es Autodesk ReCap | ARTICULOS | SECCION ARTICULOS*. [online] Available at: <http://www.3dcadportal.com/que-es-autodesk-recap.html> [Accessed 23 May 2019].
12. LinkedIn.com. (2019). *¿Qué es y para qué sirve AutoCAD Civil 3D?*. [online] Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-para-sirve-autocad-civil-3d-gilberto-jara-> [Accessed 23 May 2019].
13. BibLus. (2019). *Las dimensiones del BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D - BibLus*. [online] Available at: <http://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim-3d-4d-5d-6d-7d/> [Accessed 6 Jun. 2019].
14. Duque, A., Duque, A., Montilla, M. and perfil, V. (2019). *BIM 4D y 5D. Planificación temporal y gestión de costes*. [online] Canal Diseño y Artes Gráficas. Available at: <https://revistadigital.inesem.es/disen-y-artes-graficas/bim-4d-5d/> [Accessed 6 Jun. 2019].
15. BuildingSMART. Mediciones en BIM. Guía de Usuarios BIM. Octubre 2014, pág. Documento 7.
16. <https://www.obrasurbanas.es/bim6d-sexta-dimension-bim-eficiencia/>
17. Alonso, D. (2019). *Cómo convertir ficheros LiDAR .LAZ a .LAS - MappingGIS*. [online] MappingGIS. Available at: https://mappinggis.com/2016/08/como-convertir-ficheros-lidar-laz-a-las/#Que_es_el_formato_LAZ [Accessed 14 Jun. 2019].
18. Alonso, D. (2019). *Cómo convertir ficheros LiDAR .LAZ a .LAS - MappingGIS*. [online] MappingGIS. Available at: https://mappinggis.com/2016/08/como-convertir-ficheros-lidar-laz-a-las/#Que_es_el_formato_LAZ [Accessed 14 Jun. 2019].
19. Help.autodesk.com. (2019). *Help*. [online] Available at: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-AFD0CA97-A2AE-46ED-A287-63B34EB0038E> [Accessed 15 Jun. 2019].
20. Duque, A., Duque, A., Montilla, M. and perfil, V. (2019). *¿Que son las Familias de Revit? - Descarga y estructura BIM*. [online] Canal Diseño y Artes Gráficas. Available at: <https://revistadigital.inesem.es/disen-y-artes-graficas/familias-revit/> [Accessed 15 Jun. 2019].
21. Knowledge.autodesk.com. (2019). *Colocar armadura | Productos Revit 2018 | Autodesk Knowledge Network*. [online] Available at:

<https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit-Model/files/GUID-D61AF551-AD15-4FEC-966F-C048E0885212-htm.html> [Accessed 16 Jun. 2019].

22. User, S. (2019). *Cálculo de Estructuras con AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL 2015*. [online] Academia.ingnova.es. Available at: <https://academia.ingnova.es/cursos-online/estructuras/autodesk-robot-structural> [Accessed 16 Jun. 2019].
23. Esdima.com. (2019). *¿Qué es Navisworks y para qué sirve esta herramienta?*. [online] Available at: <https://esdima.com/que-es-navisworks-y-para-que-sirve-esta-herramienta/> [Accessed 18 Jun. 2019].
24. E-construircom. 2019. E-construircom. [Online]. [18 June 2019]. Available from: <http://e-construir.com/estructuras/autodesk-robot.html>

Enlaces web:

1. <https://www.esbim.es/>
2. Libro
3. <http://jguillen07.blogspot.com/2015/11/niveles-de-madurez-y-dimensiones-del-bim.html>
4. <https://esdima.com/las-bases-del-trabajo-colaborativo-bim/>
5. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/ifc-e-interoperabilidad-en-bim/>
6. <https://www.msistudio.com/que-es-cobie/>
7. Libro
8. <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>
9. <https://es.wikipedia.org/wiki/Revit>
10. <https://academia.ingnova.es/cursos-online/diseno-asistido-por-ordenador/infraworks-360>
11. <http://www.3dcadportal.com/que-es-autodesk-recap.html>
12. <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-para-sirve-autocad-civil-3d-gilberto-jara->
13. <http://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>

14. <https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/bim-4d-5d/>
15. <https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADas-ubim/>
16. <https://www.obrasurbanas.es/bim6d-sexta-dimension-bim-eficiencia/>
17. https://mappinggis.com/2016/08/como-convertir-ficheros-lidar-laz-a-las/#Que_es_el_formato_LAZ
18. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/infraworks-cuando-y-como-usarlo/>
19. <http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/?guid=GUID-AFD0CA97-A2AE-46ED-A287-63B34EB0038E>
20. <https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/familias-revit/>
21. <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit-Model/files/GUID-D61AF551-AD15-4FEC-966F-C048E0885212-htm.html>
22. <https://academia.ingnova.es/cursos-online/estructuras/autodesk-robot-structural>
23. <https://esdimas.com/que-es-navisworks-y-para-que-sirve-esta-herramienta>
24. <http://e-construir.com/estructuras/autodesk-robot.html>

7. Anexos.

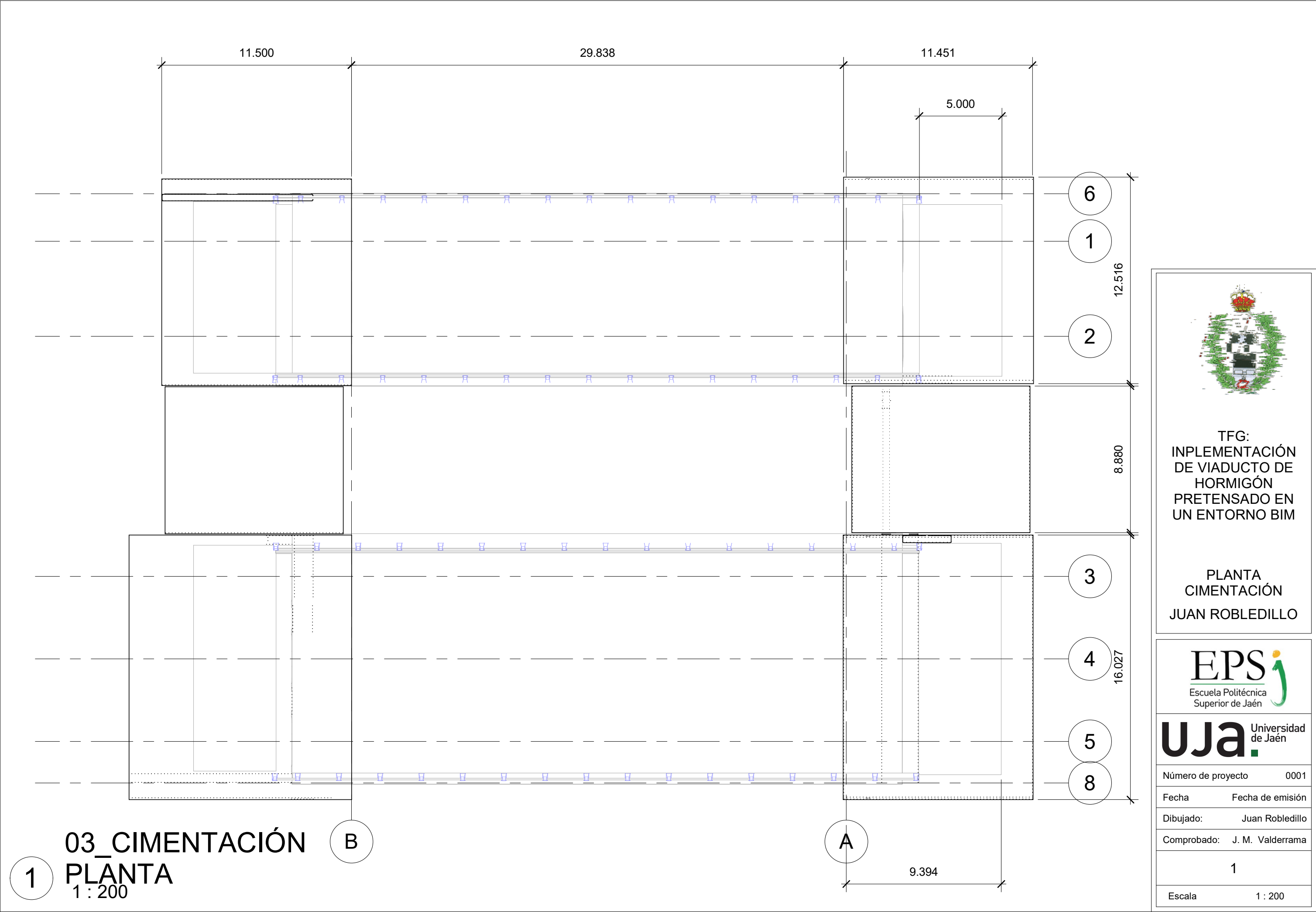
ANEXO I: Planos del Modelo en Revit®

ANEXO II: Planos descriptivos de la estructura "Viaducto de Hormigón pretensado Barranco de los Barrancones"

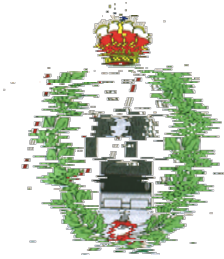
ANEXO III: Reporte de planificación en NavisWorks®

ANEXO IV: Diagrama de carpetas y contenidos asociados al estudio técnico.

ANEXO I: Planos del Modelo en Revit®



03_CIMENTACIÓN
1 : 200



TFG:
INPLEMENTACIÓN
DE VIADUCTO DE
HORMIGÓN
PRETENSADO EN
UN ENTORNO BIM

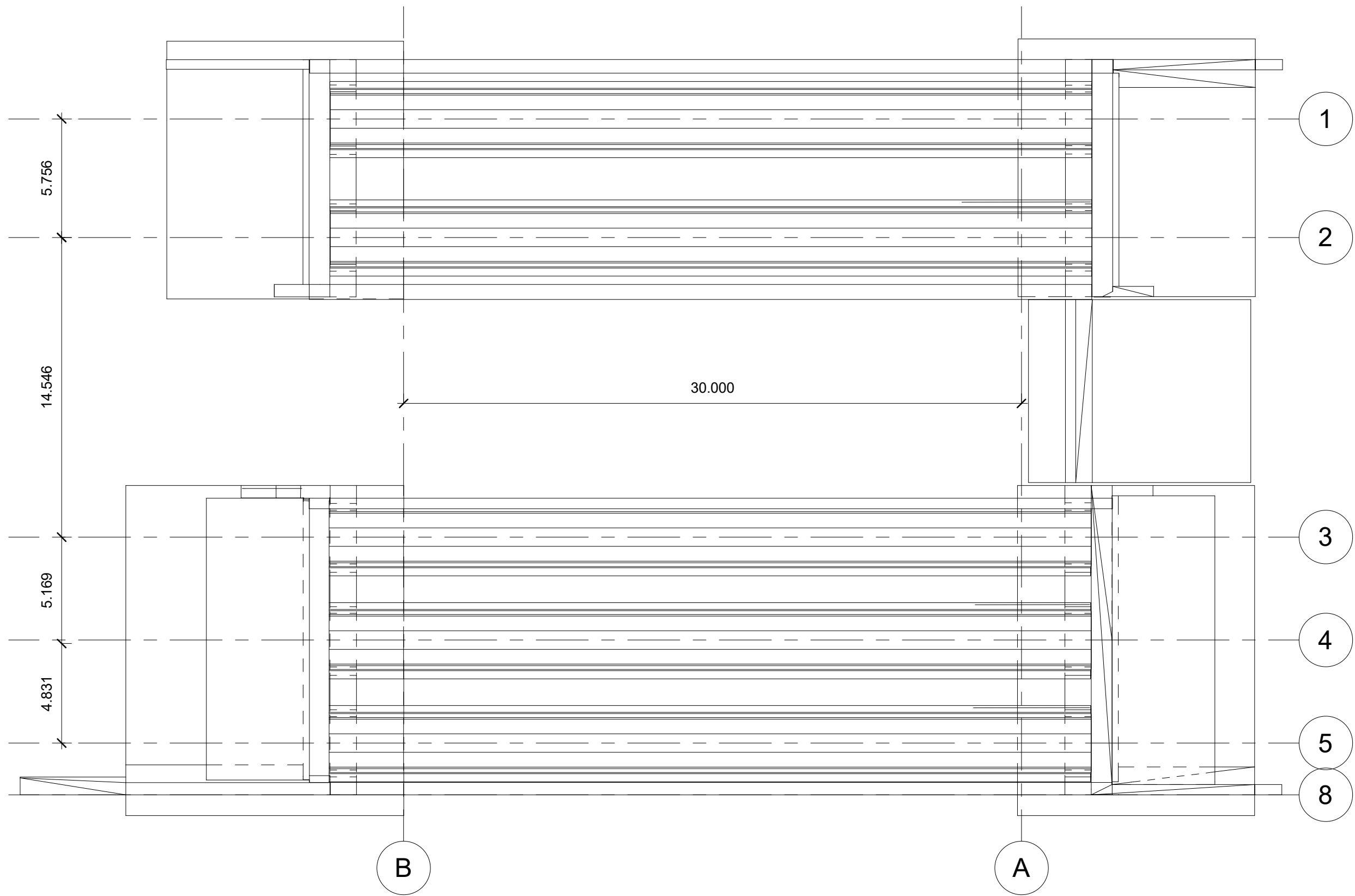
PLANTA
CIMENTACIÓN
JUAN ROBLEDILLO



UJa. Universidad
de Jaén

Número de proyecto	0001
Fecha	Fecha de emisión
Dibujado:	Juan Robledillo
Comprobado:	J. M. Valderrama
	1
Escala	1 : 200

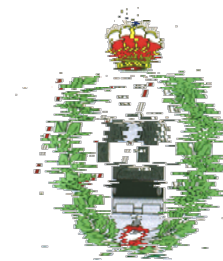
18/06/2019 20:09:19



1

04_VIGA

1 : 200



TFG:
INPLEMENTACIÓN
DE VIADUCTO DE
HORMIGÓN
PRETENSADO EN
UN ENTORNO BIM

PLANTA VIGAS
JUAN ROBLEDILLO

EPS
Escuela Politécnica
Superior de Jaén

UJa. Universidad
de Jaén

Número de proyecto 0001

Fecha Fecha de emisión

Dibujado: Autor

Comprobado: Verificador

2

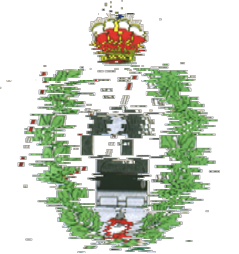
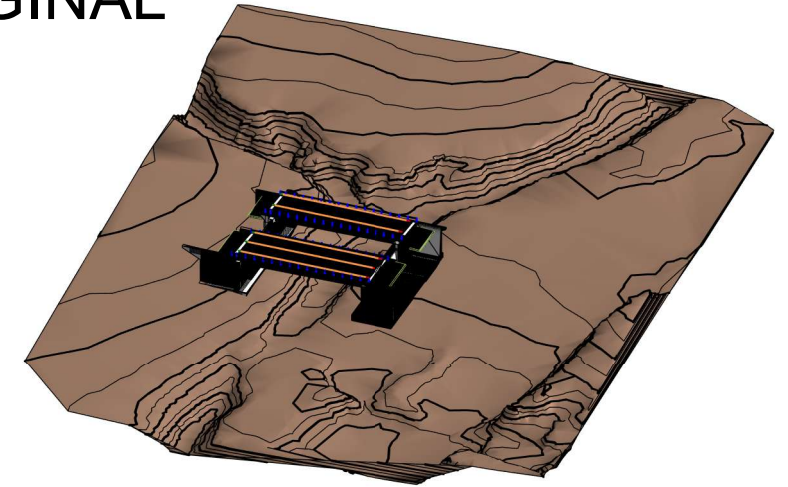
Escala 1 : 200

18/06/2019 20:09:21



1 01_TERRENO
1 : 500

2 01_3D TERRENO
ORIGINAL



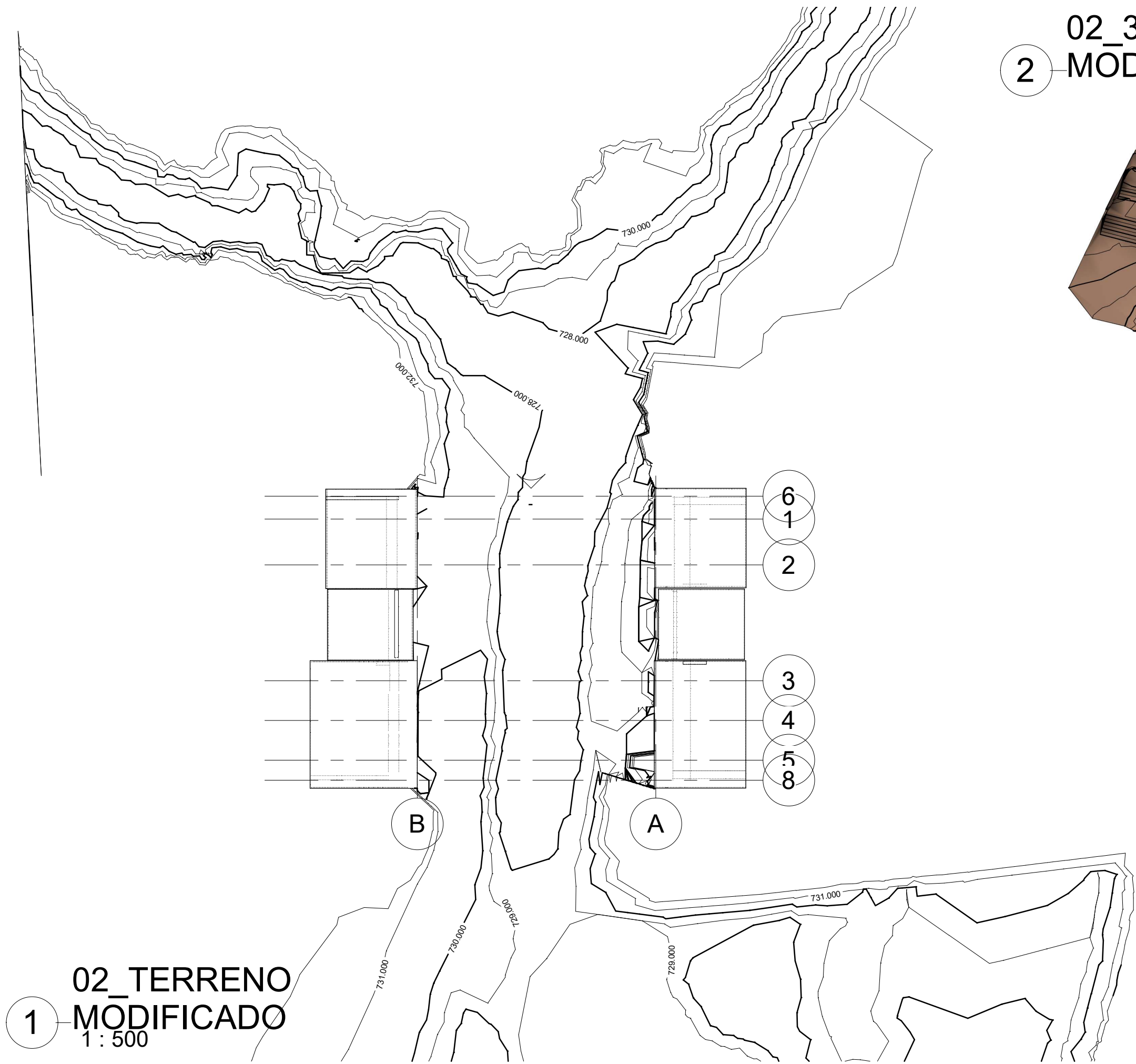
TFG:
INPLEMENTACIÓN
DE VIADUCTO DE
HORMIGÓN
PRETENSADO EN
UN ENTORNO BIM

ESTRUCTURA +
TERRENO ORIGINAL
JUAN ROBLEDILLO

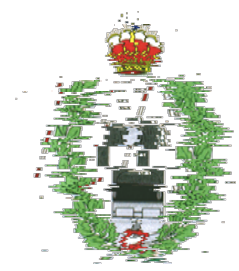
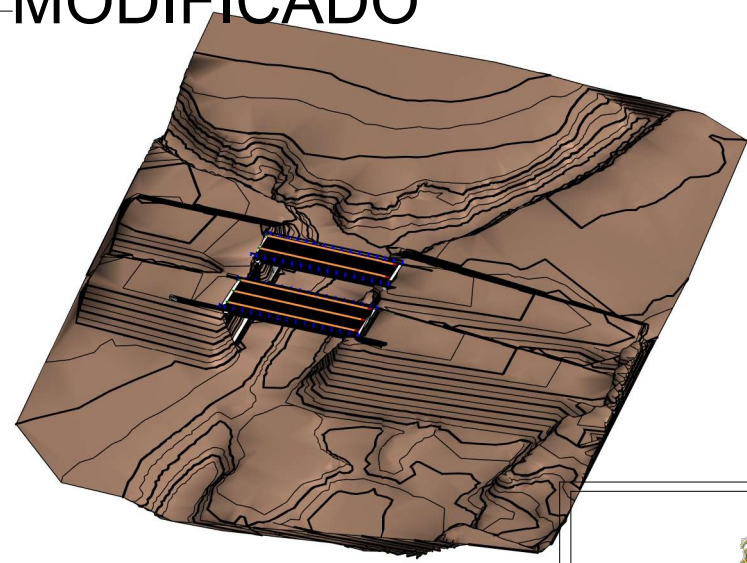
EPS
Escuela Politécnica
Superior de Jaén

UJa. Universidad
de Jaén

Número de proyecto	0001
Fecha	Fecha de emisión
Dibujado:	Autor
Comprobado:	Verificador
	4
Escala	1 : 500



02_3D TERRENO
2 MODIFICADO

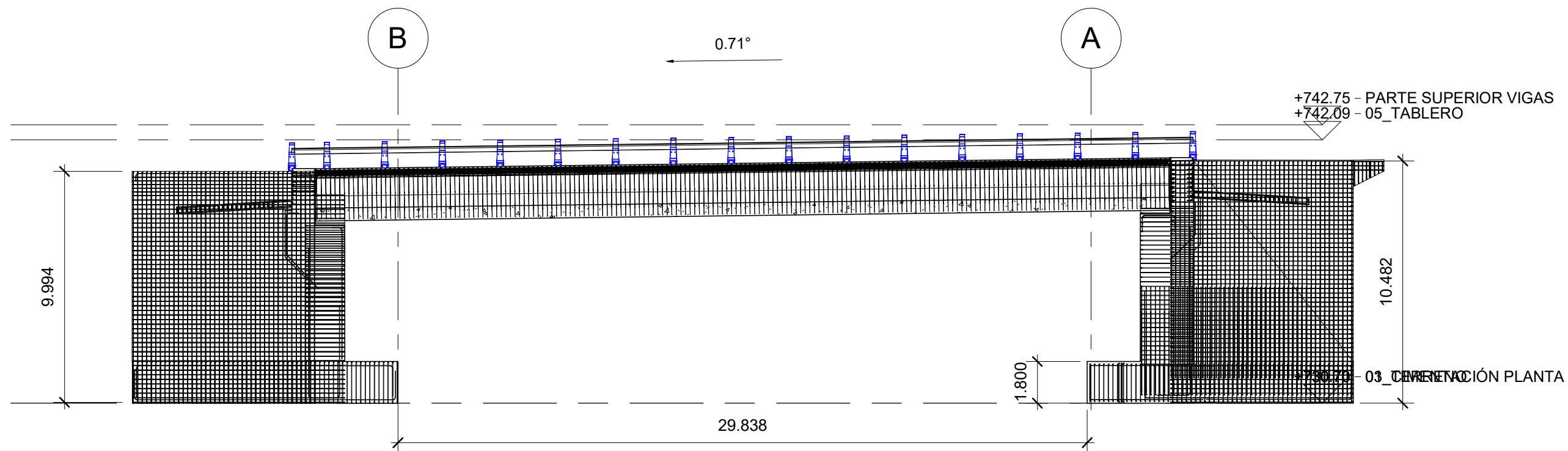


TFG:
IMPLEMENTACIÓN
DE VIADUCTO DE
HORMIGÓN
PRETENSADO EN
UN ENTORNO BIM

ESTRUCTURA +
TERRENO
MODIFICADO
JUAN ROBLEDILLO

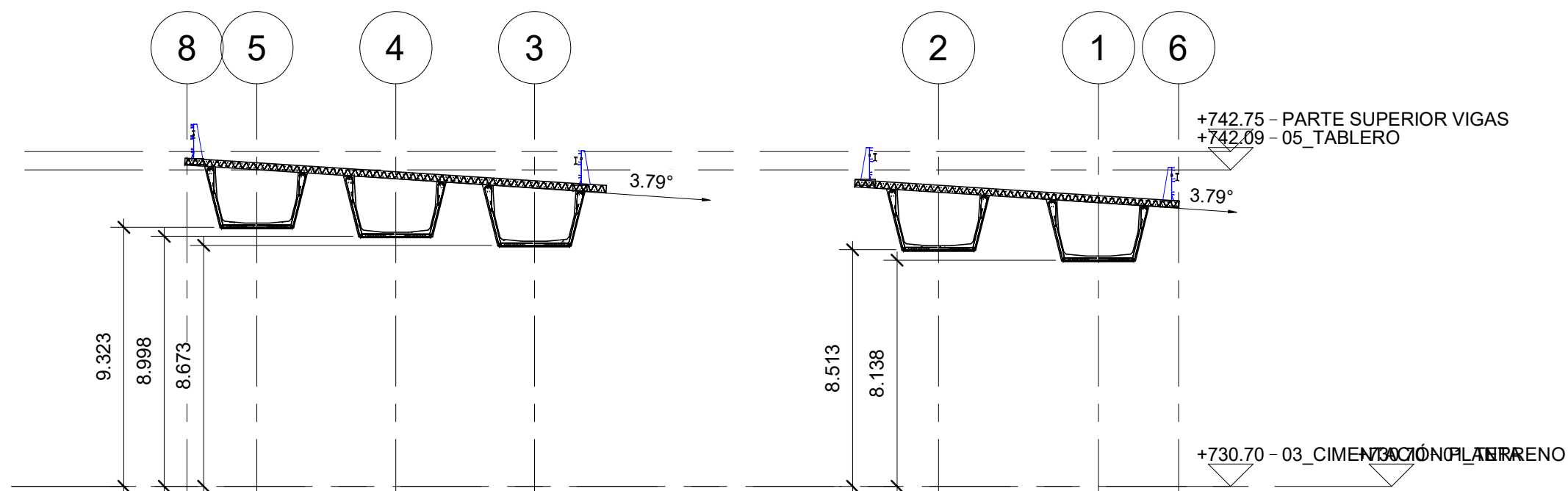


Número de proyecto	0001
Fecha	Fecha de emisión
Dibujado:	Autor
Comprobado:	Verificador
5	
Escala	1 : 500



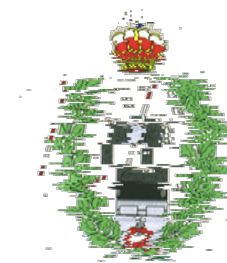
1 SECCIÓN LONGITUDINAL

1 : 200



2 SECCION TRANSVERSAL

1 : 200



TFG:
INPLEMENTACIÓN
DE VIADUCTO DE
HORMIGÓN
PRETENSADO EN
UN ENTORNO BIM

SECCIONES
LONGITUDINALES
TRANSVERSAL +
FERRALLA

JUAN ROBLLEDILLO

EPS
Escuela Politécnica
Superior de Jaén

UJa. Universidad
de Jaén

Número de proyecto 0001

Fecha Fecha de emisión

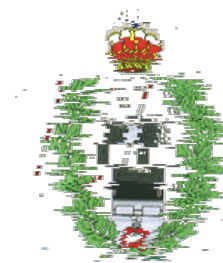
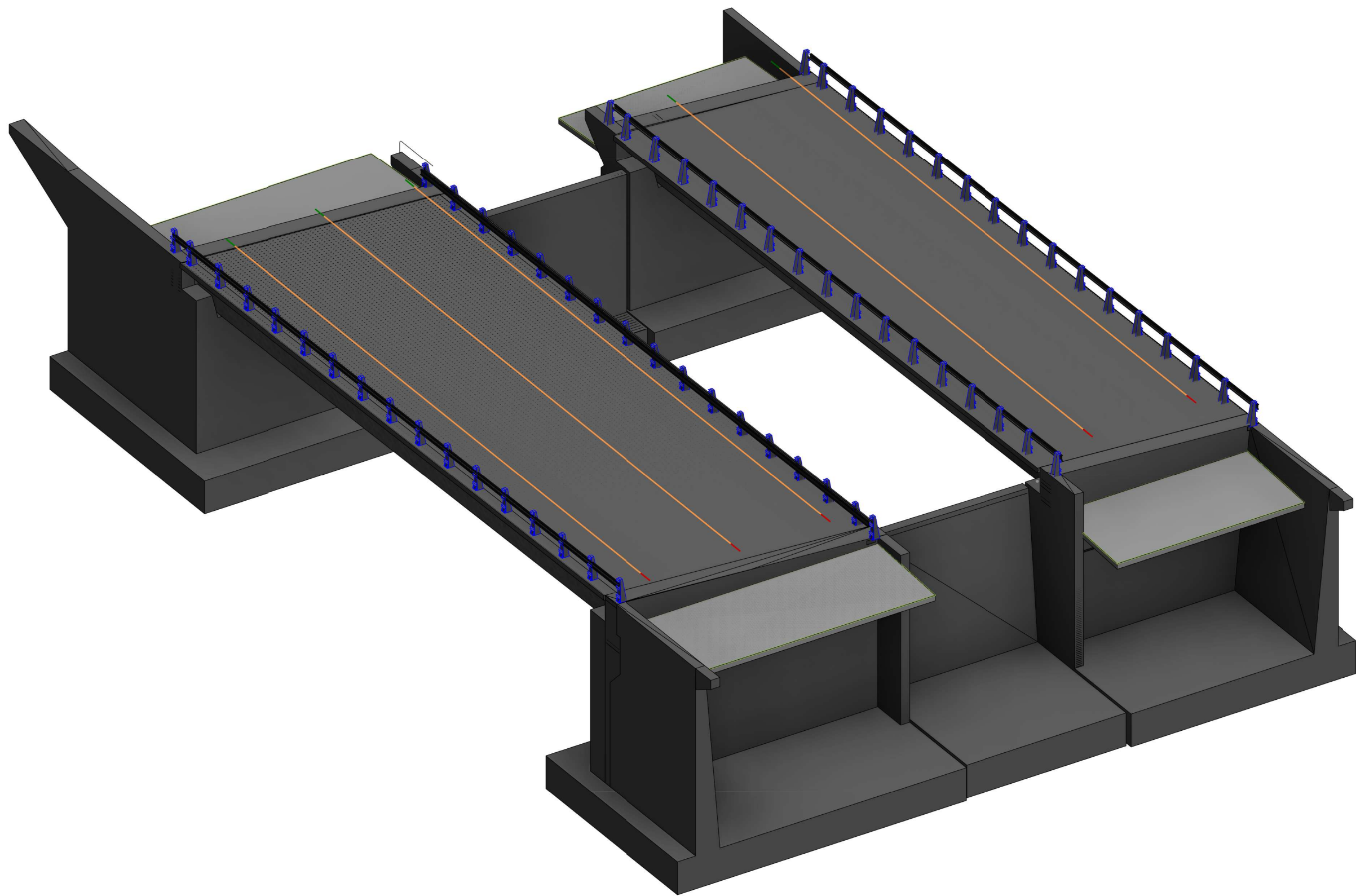
Dibujado: Autor

Comprobado: Verificador

6

Escala 1 : 200

18/06/2019 20:10:12



TFG:
INPLEMENTACIÓN
DE VIADUCTO DE
HORMIGÓN
PRETENSADO EN
UN ENTORNO BIM

VISTA 3D
ESTRUCTURA
JUAN ROBLEDILLO

EPS
Escuela Politécnica
Superior de Jaén

UJa. Universidad
de Jaén

Número de proyecto 0001

Fecha Fecha de emisión

Dibujado: Autor

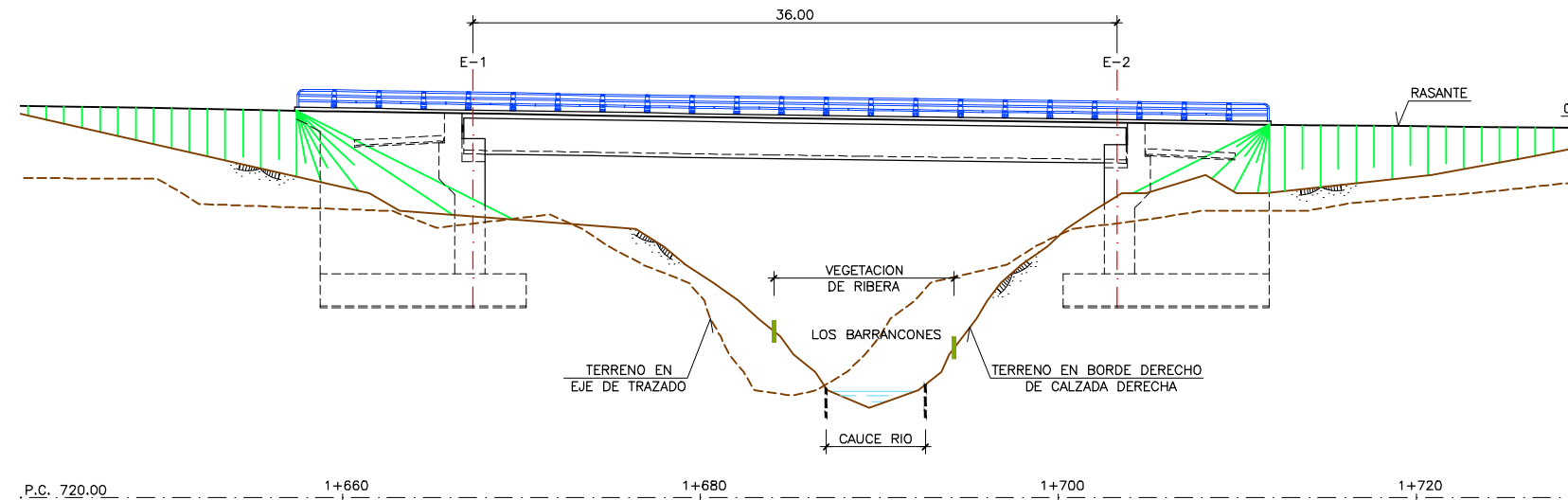
Comprobado: Verificador

8

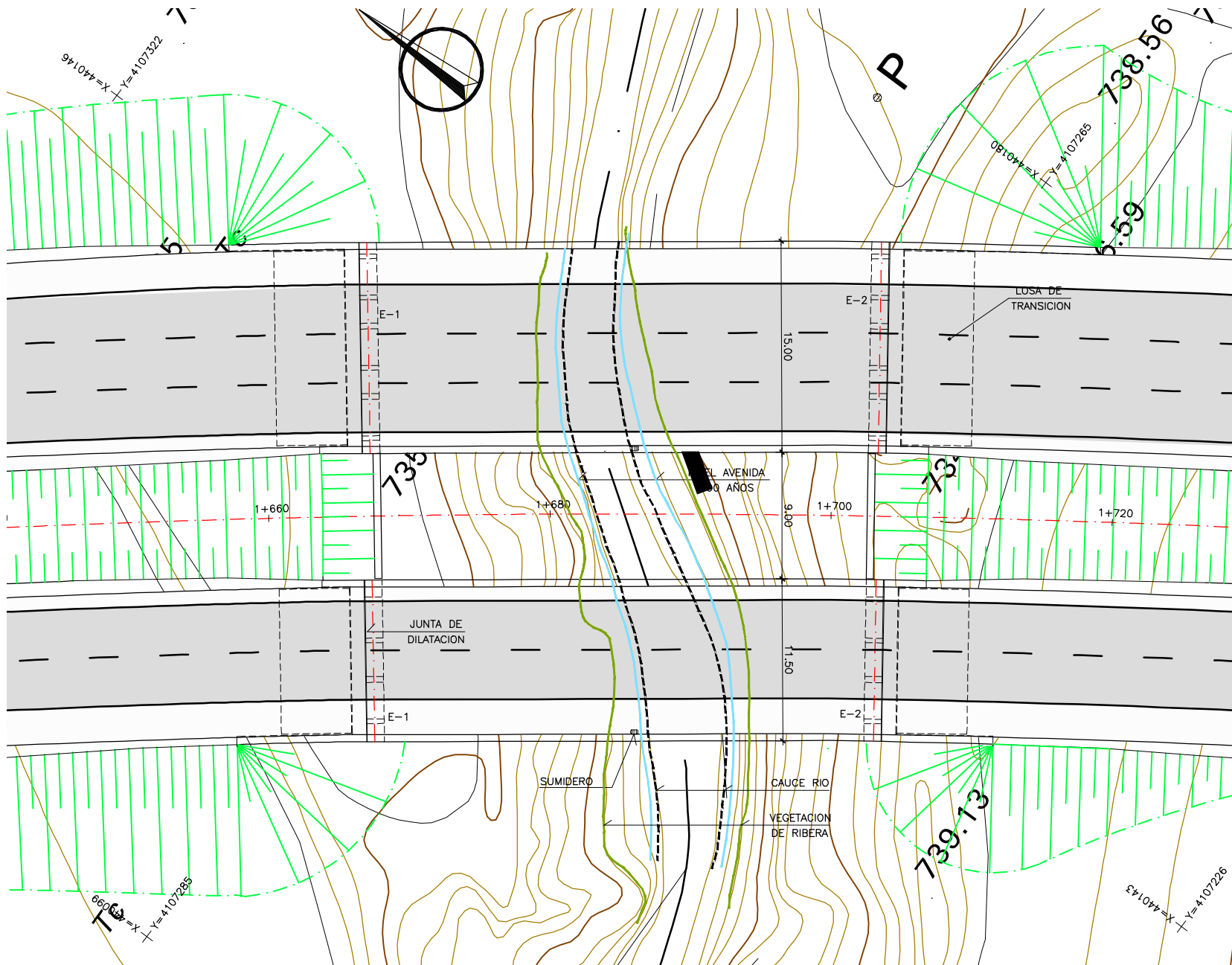
Escala

18/06/2019 20:10:55

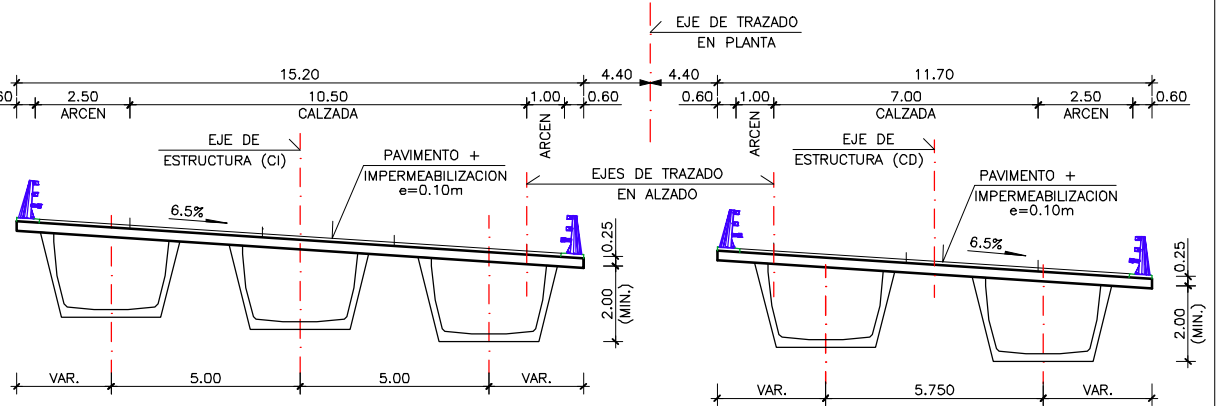
ANEXO II: Planos descriptivos de la estructura “Viaducto de Hormigón pretensado Barranco de los Barrancones”



ALZADO FRONTAL CALZADA DERECHA
ESCALA 1:200



PLANTA
ESCALA 1:200



SECCION TRANSVERSAL
ESCALA 1:100

CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL

MATERIAL	ELEMENTOS	DESIGNACION	NIVEL DE CONTROL	COEF. DE SEGURIDAD
HORMIGONES (1) (3)	NIVELACION	HM-15	NO ESTRUCTURAL	
	CIMENTACION	HA-30/B/20/Ila+Qc	ESTADISTICO	$\gamma_c=1,50$
	ESTRIBOS	HA-30/B/20/Ilb	ESTADISTICO	
	PRELOSAS	HA-30/B/10/Ilb	ESTADISTICO	
	LOSA TABLERO	HA-30/B/20/Ilb	ESTADISTICO	
ACERO PASIVO	TODA LA OBRA	B-500-SD	NORMAL	$\gamma_s=1,15$
	VIGAS	Y-1860-S7	NORMAL	$\gamma_s=1,15$
EJECUCION	TODA LA OBRA	-----	INTENSO	(2)

- (1) LA RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA UTILIZADA Y EL MINIMO CONTENIDO DE CEMENTO SE AJUSTARA A LO INDICADO EN LA TABLA 37.3.2.a DE LA EHE.
(2) SEGUN IAP-11
(3) PARA TODOS LOS ELEMENTOS EN CONTACTOS CON EL TERRENO SERA PRECISO UTILIZAR CEMENTOS SULFORRESISTENTES.

CÓDIGO:	Nº REVIS.: 00
DIBUJADO:	FECHA: OCTUBRE 2007
REVISADO:	REVISADO: F. MARTÍNEZ
DIBUJADO:	FECHA: OCTUBRE 2007
REVISADO:	REVISADO: F. MARTÍNEZ
DIBUJADO:	FECHA: OCTUBRE 2007
REVISADO:	REVISADO: F. MARTÍNEZ



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCESA
Una Empresa AECOM

Ing. Autor del Proyecto:
[Firma]
Dña. MURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
[Firma]
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

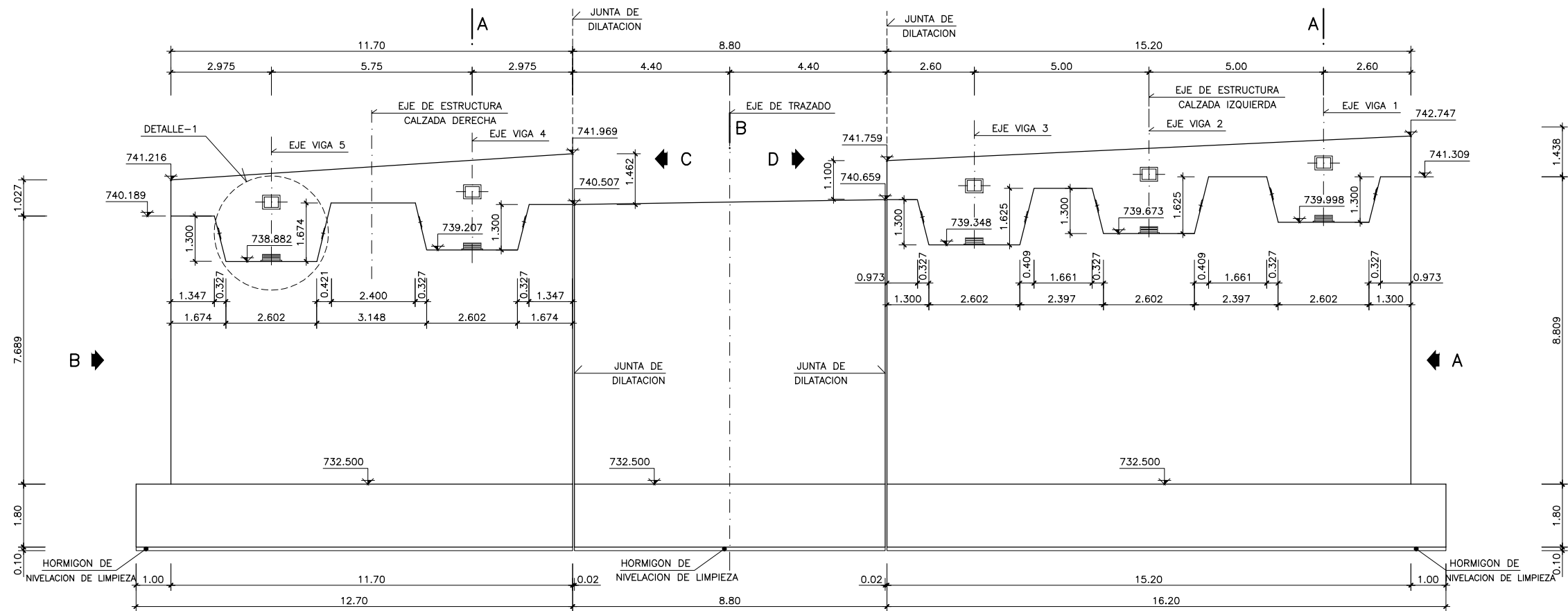
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

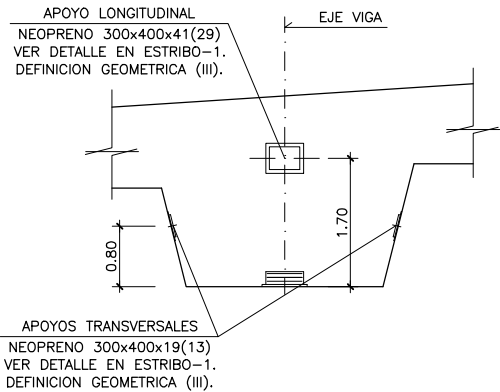
Nº PLANO:
2.7.1.2
HOJA 1 DE 29

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
PLANTA, ALZADO Y SECCION

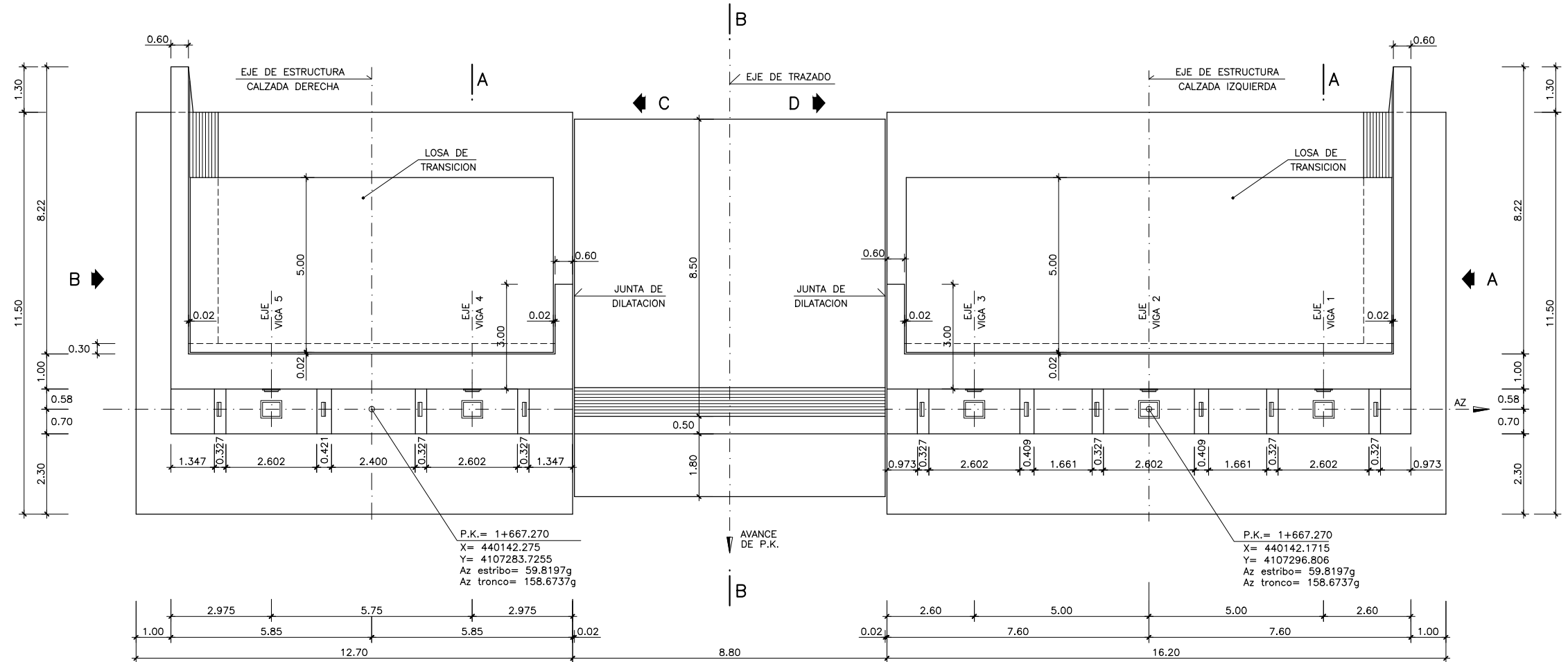
FECHA:
ENERO 2015



ALZADO FRONTAL
ESCALA 1:75



DETALLE 1
ESCALA 1:50



PLANTA
ESCALA 1:75

- NOTAS:
- LA TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO PREVIA PARA EL CALCULO DE LA CIMENTACION ES DE 2.50 kp/cm². ESTE DATO SERA COMPROBADO EN OBRA.
 - SE IMPERMEABILIZARAN TODOS LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS EXCEPTO LAS CIMENTACIONES.
 - LA SALIDA DEL DRENAJE DEL TRASDOS DE LOS MUROS SE DECIDIRA EN OBRA.
 - SE DISPONDRAN APOYOS DE NEOPRENO CON CUÑA VULCANIZADA CON LA PENDIENTE INDICADA EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - LOS NEOPRENOS SE ORIENTARAN EN PLANTA SEGUN EL AZIMUT DE LAS VIGAS INDICADO EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - VER COTA SUPERIOR DE NEOPRENO EN CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N°1.

CÓDIGO:	N° REVIS.:
27.1.2	00
DIBUJADO:	FECHA:
TEDASO S.L.	OCTUBRE 2007
REVISADO:	
F. MARTINEZ	



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCESA
Una Empresa AECOM
Intef
INTEF S.A.

Ing. Autor del Proyecto:
[Firma]
Dña. YOLIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
[Firma]
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

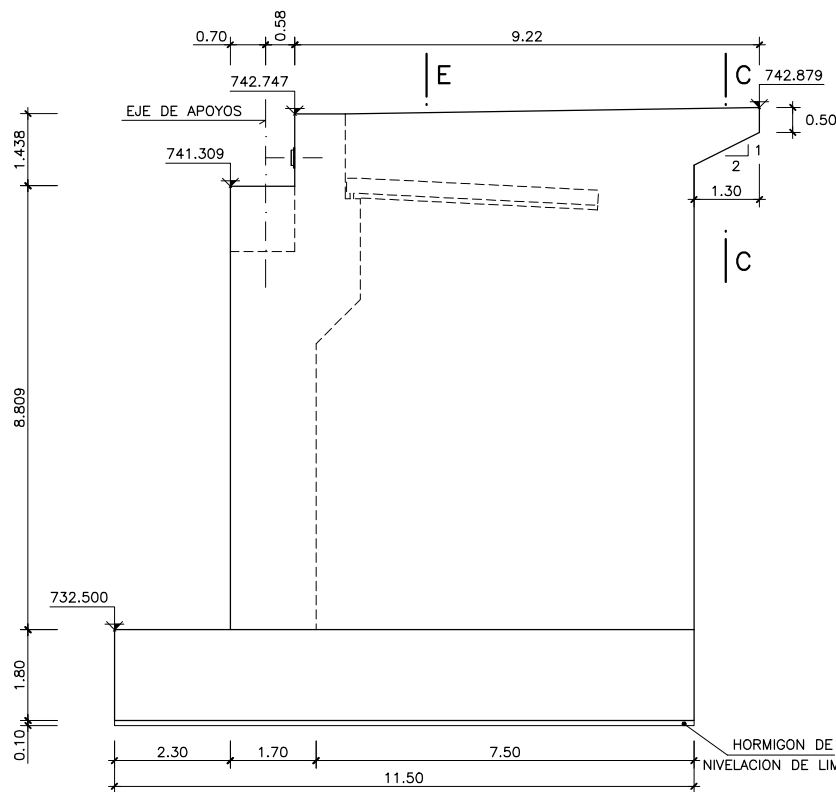
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

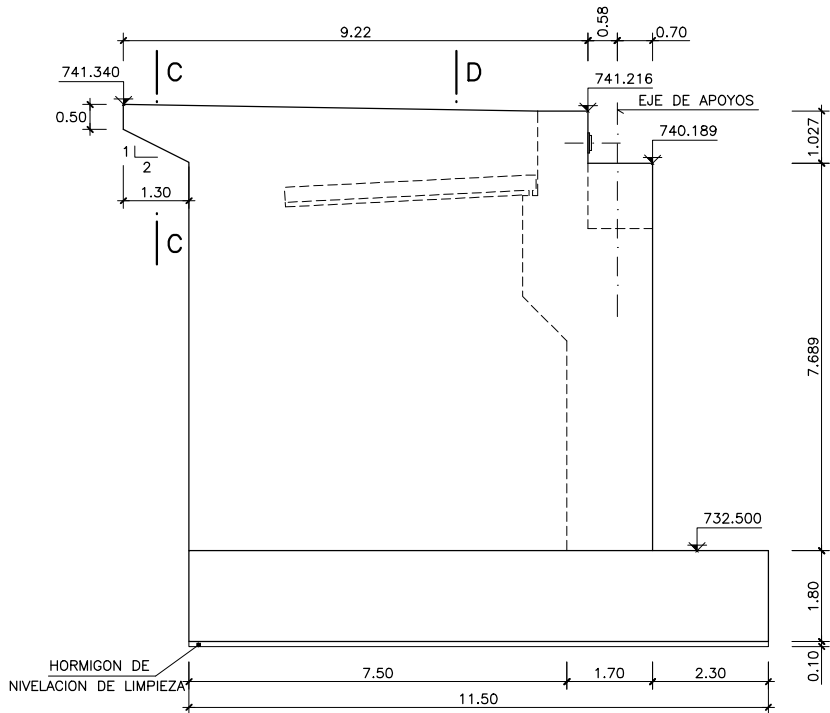
N° PLANO:
27.1.2
HOJA 2 DE 29

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
ESTRIBO-1
DEFINICION GEOMETRICA (I)

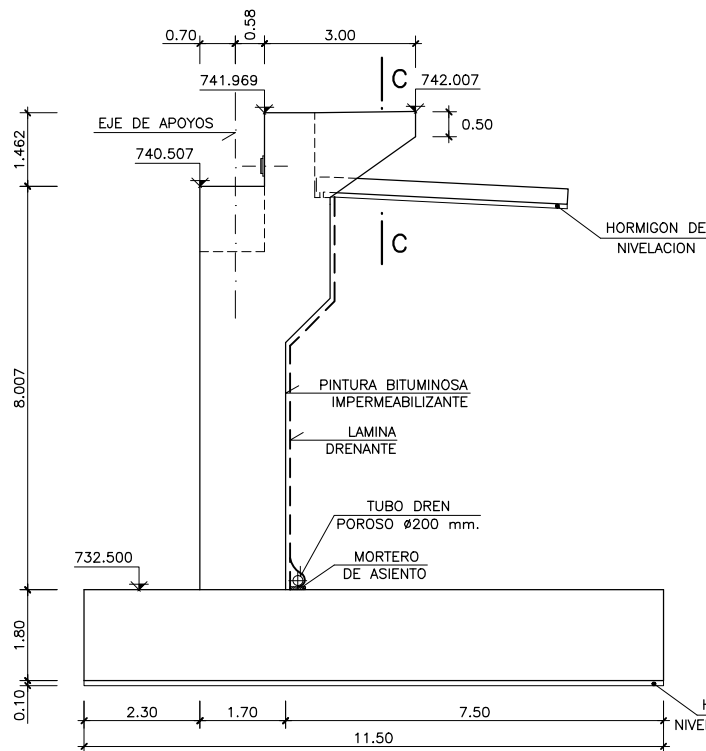
FECHA:
ENERO 2015



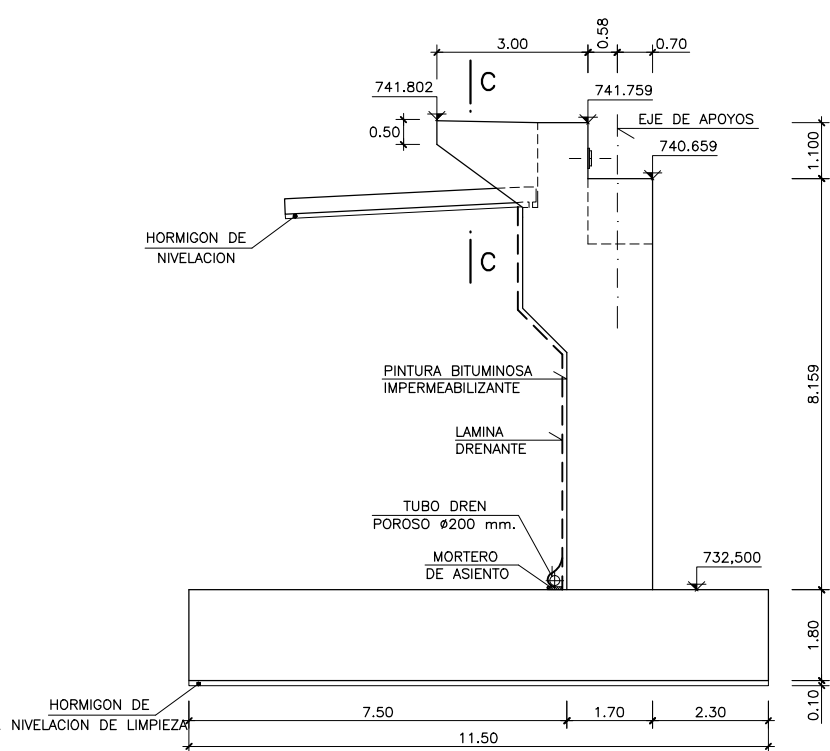
VISTA POR A
ESCALA 1:75



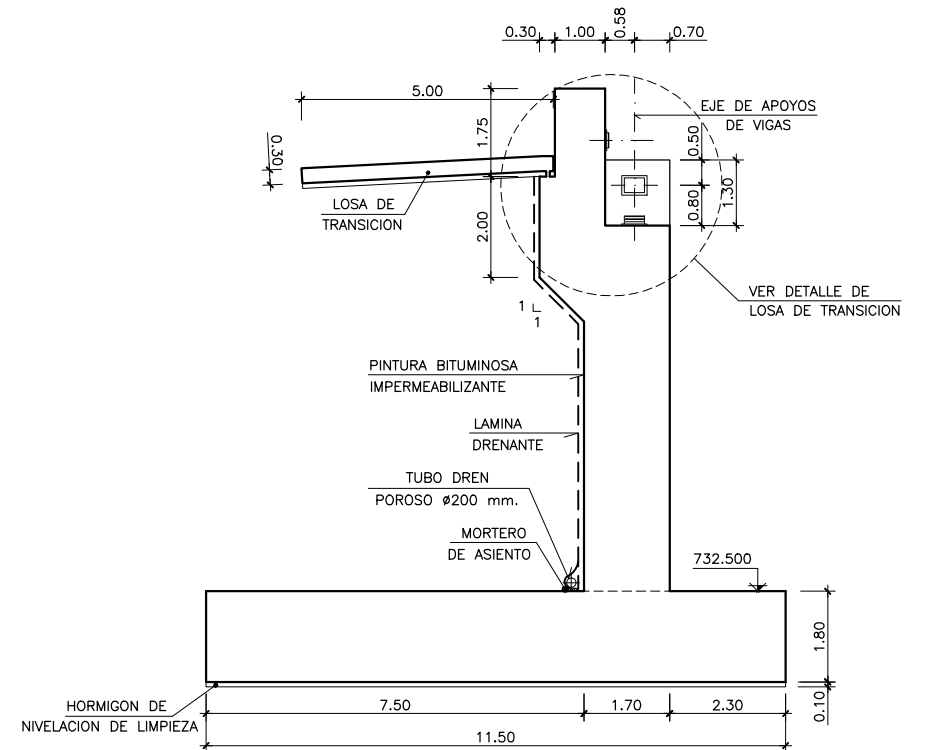
VISTA POR B
ESCALA 1:75



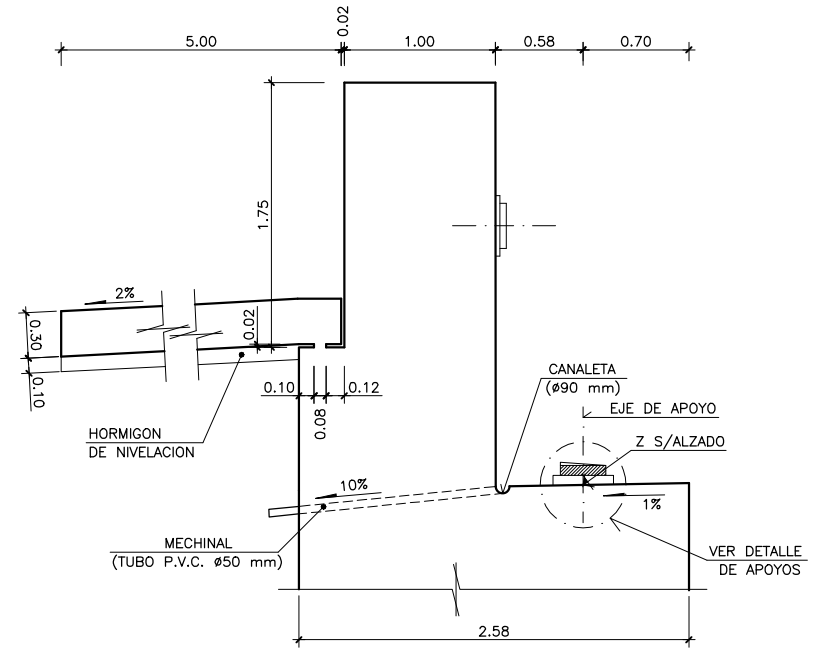
VISTA POR C
ESCALA 1:75



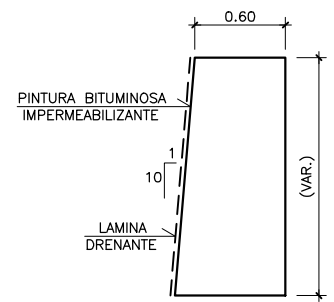
VISTA POR D
ESCALA 1:75



SECCION A-A
ESCALA 1:75



DETALLE LOSA DE TRANSICION
ESCALA 1:25



SECCION C-C
ESCALA 1:25

- NOTAS:
- LA TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO PREVIA PARA EL CALCULO DE LA CIMENTACION ES DE 2.50 kp/cm². ESTE DATO SERA COMPROBADO EN OBRA.
 - SE IMPERMEABILIZARAN TODOS LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS EXCEPTO LAS CIMENTACIONES.
 - LA SALIDA DEL DRENAJE DEL TRASDOS DE LOS MUROS SE DECIDIRA EN OBRA.
 - SE DISPONDRA APOYOS DE NEOPRENO CON CUÑA VULCANIZADA CON LA PENDIENTE INDICADA EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - LOS NEOPRENOS SE ORIENTARAN EN PLANTA SEGUN EL AZIMUT DE LAS VIGAS INDICADO EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - VER COTA SUPERIOR DE NEOPRENO EN CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N°1.

CÓDIGO:	2.7.1.2
DIBUJADO:	TEJASO S.L.
REVISADO:	F. MARTINEZ
FECHA:	OCTUBRE 2007
Nº REVIS.:	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCSA
Una Empresa AECOM
Intef
INTEF

Ing. Autor del Proyecto:
Nuria Vázquez Fustes
Dña. NURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
D. Francisco González Bueno
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

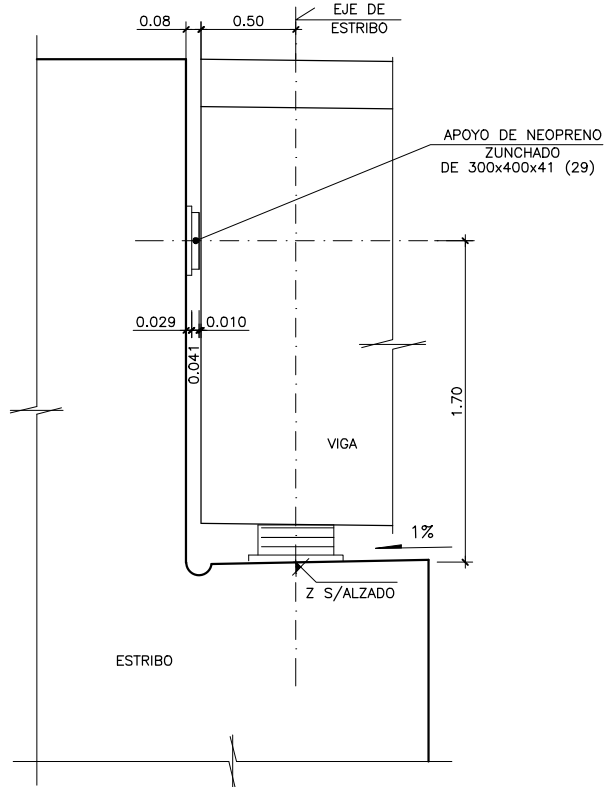
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

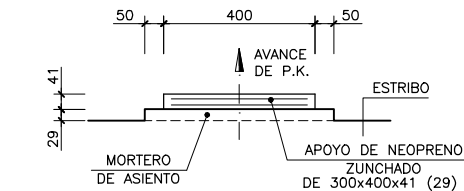
Nº PLANO:
2.7.1.2
HOJA 3 DE 29

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
ESTRIBO-1
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA (II)

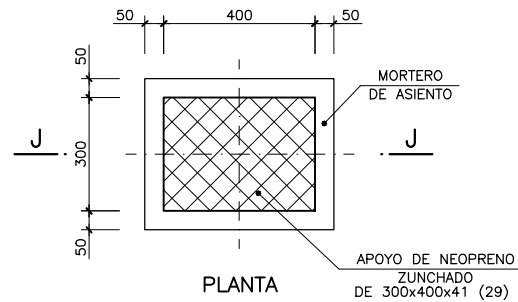
FECHA:
ENERO 2015



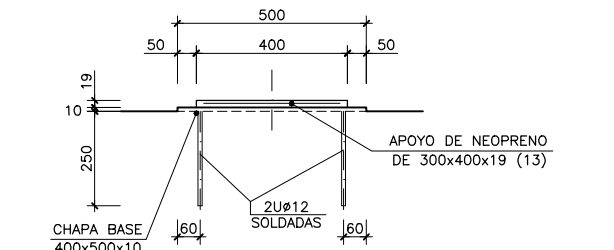
DETALLE TOPE TRANSVERSAL
ESCALA 1:20



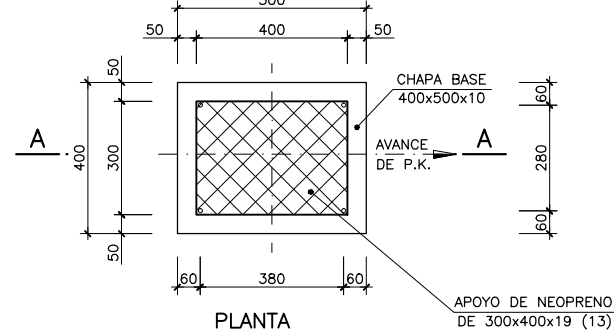
SECCION J-J



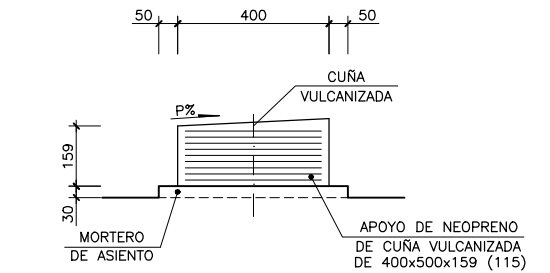
DETALLE DE APOYOS DE NEOPRENO
ZUNCHADO TOPE LONGITUDINAL
ESCALA 1:10
(COTAS EN mm.)



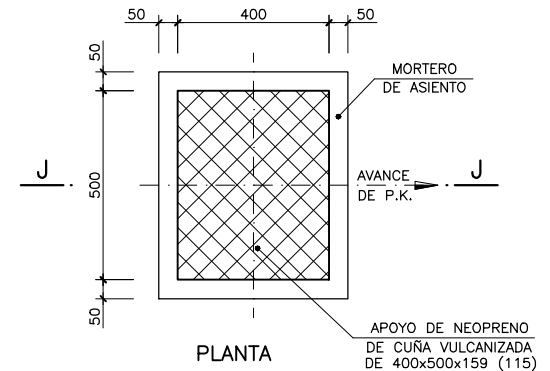
SECCION A-A



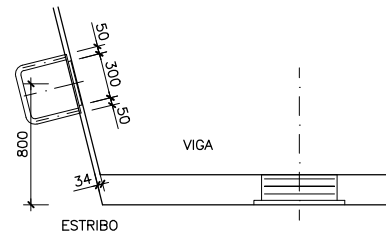
TOPE TRANSVERSAL
ESCALA 1:10
(COTAS EN mm.)



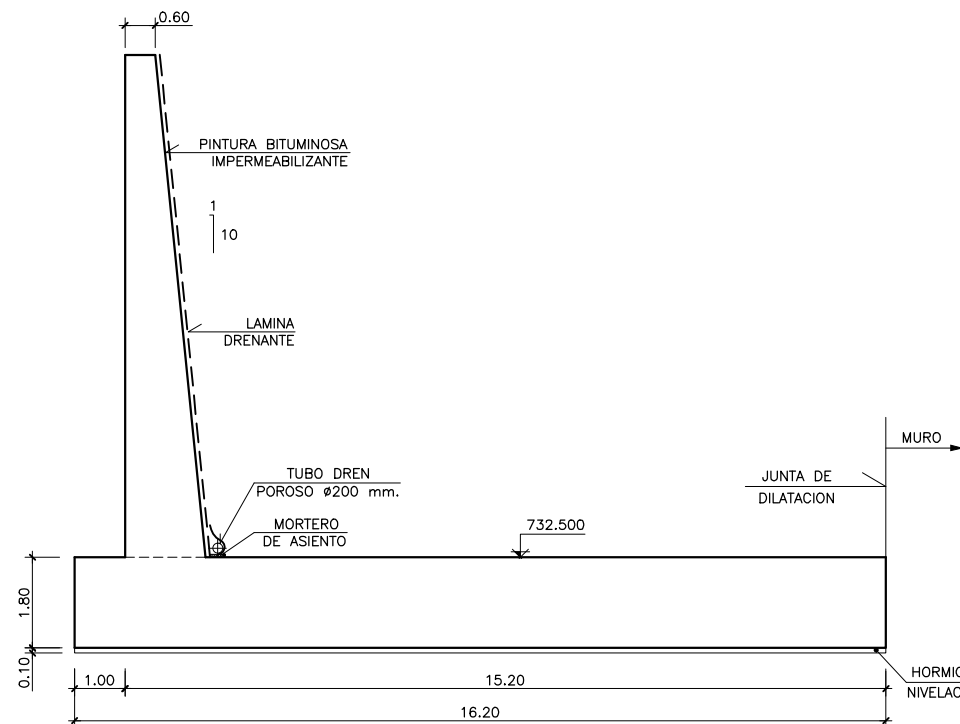
SECCION J-J



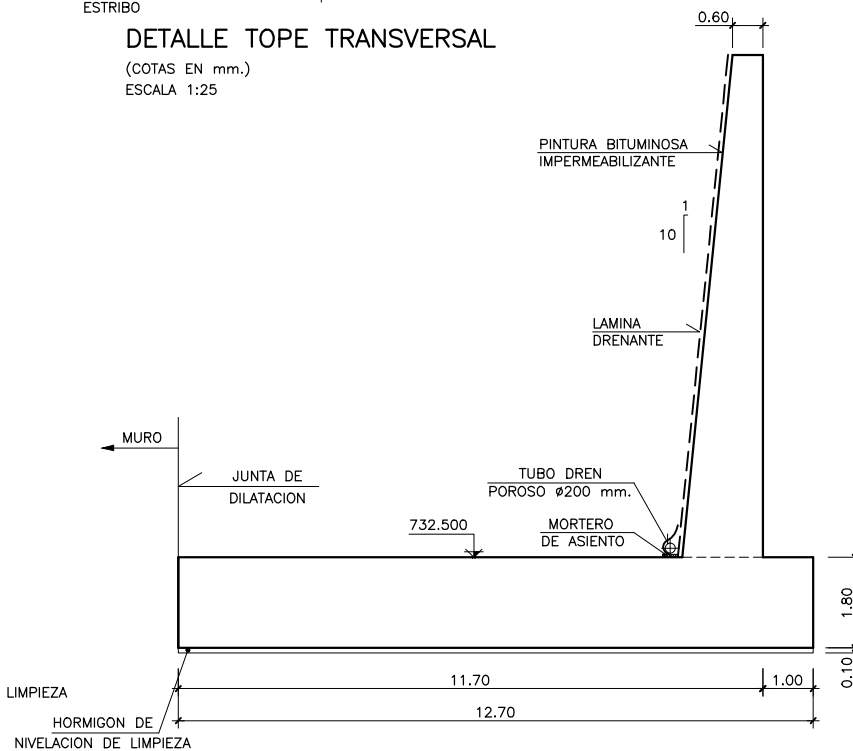
DETALLE APOYOS DE
NEOPRENO ZUNCHADO
ESCALA 1:10
(COTAS EN mm.)



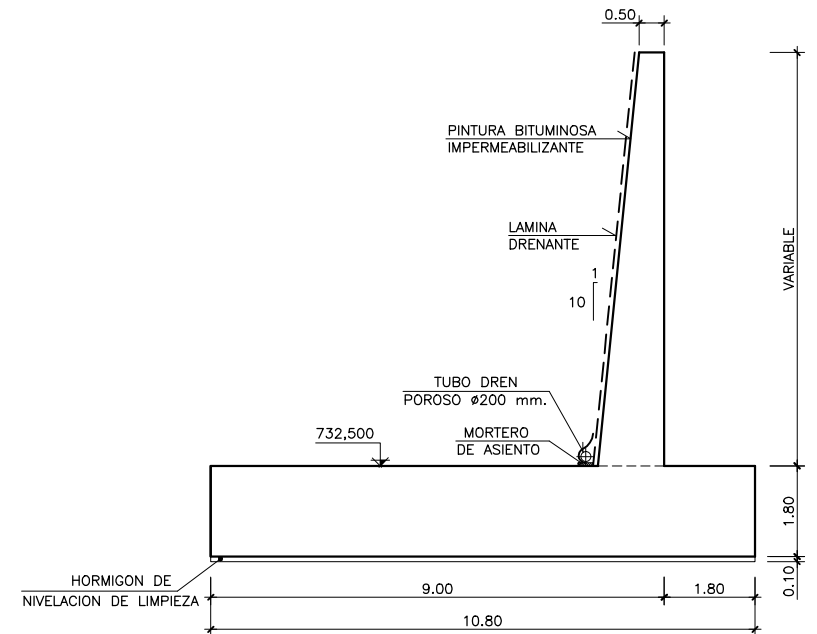
DETALLE TOPE TRANSVERSAL
(COTAS EN mm.)
ESCALA 1:25



SECCION E-E
CALZADA IZQUIERDA
ESCALA 1:75



SECCION D-D
CALZADA DERECHA
ESCALA 1:75



SECCION B-B
ESCALA 1:75

- NOTAS:
- LA TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO PREVIA PARA EL CALCULO DE LA CIMENTACION ES DE 2.50 kp/cm². ESTE DATO SERA COMPROBADO EN OBRA.
 - SE IMPERMEABILIZARAN TODOS LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS EXCEPTO LAS CIMENTACIONES.
 - LA SALIDA DEL DRENAJE DEL TRASDOS DE LOS MUROS SE DECIDIRA EN OBRA.
 - SE DISPONDRAN APOYOS DE NEOPRENO CON CUÑA VULCANIZADA CON LA PENDIENTE INDICADA EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - LOS NEOPRENOS SE ORIENTARAN EN PLANTA SEGUN EL AZIMUT DE LAS VIGAS INDICADO EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - VER COTA SUPERIOR DE NEOPRENO EN CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N°1.

CÓDIGO:	2.7.1.2
DIBUJADO:	TEDASO S.L.
REVISADO:	F. MARTINEZ
FECHA:	OCTUBRE 2007
Nº REVIS.:	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCSA
Una Empresa AECOM
Intef

Ing. Autor del Proyecto:
Nuria Vázquez Fustes
Dña. NURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
D. Francisco González Bueno
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

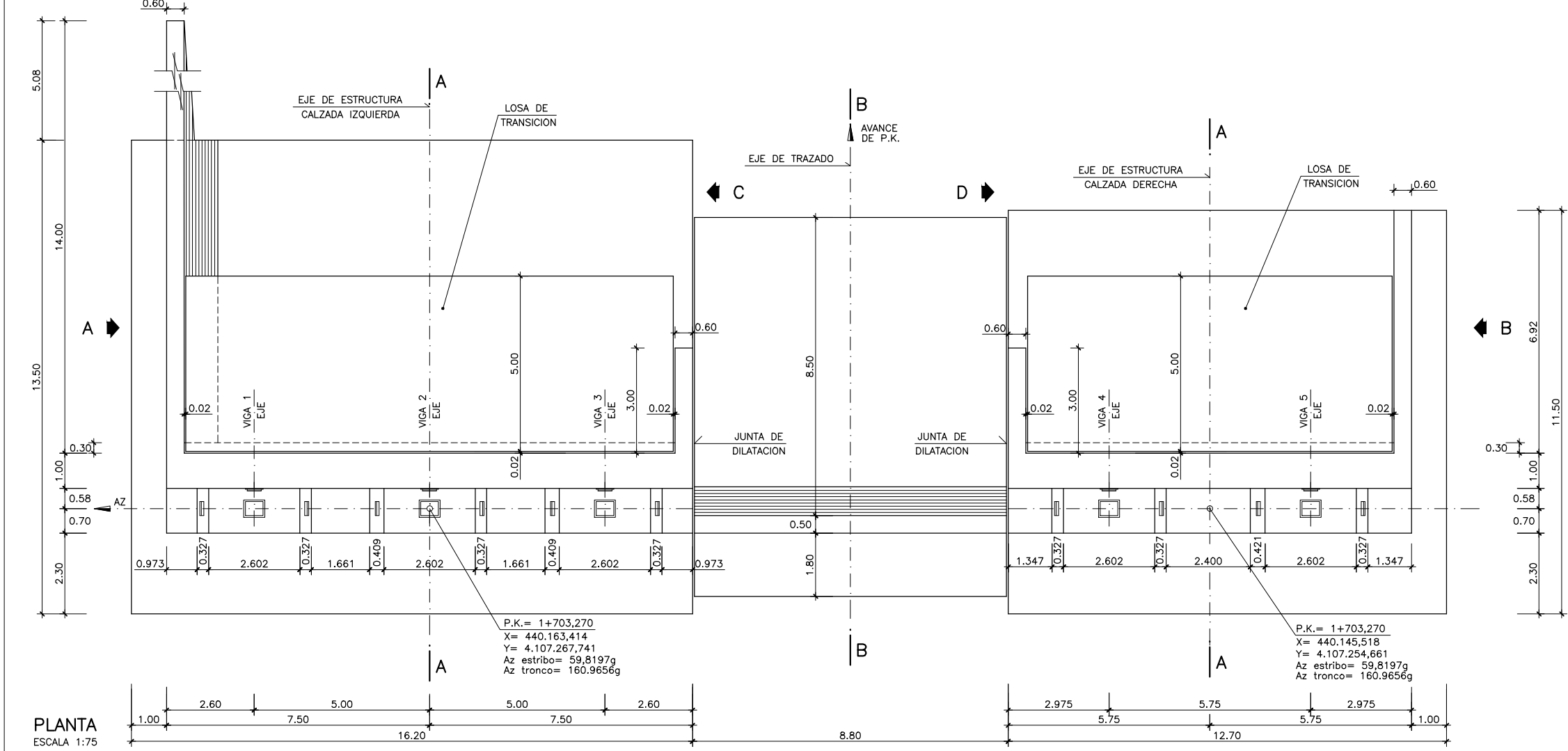
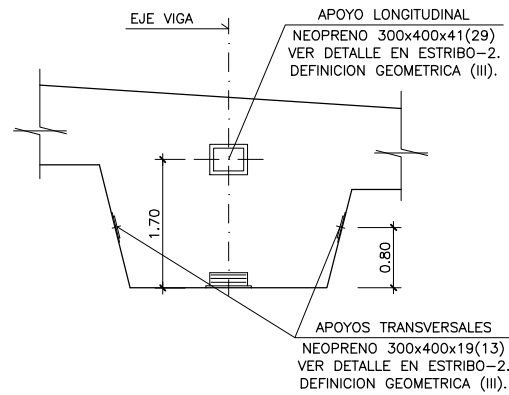
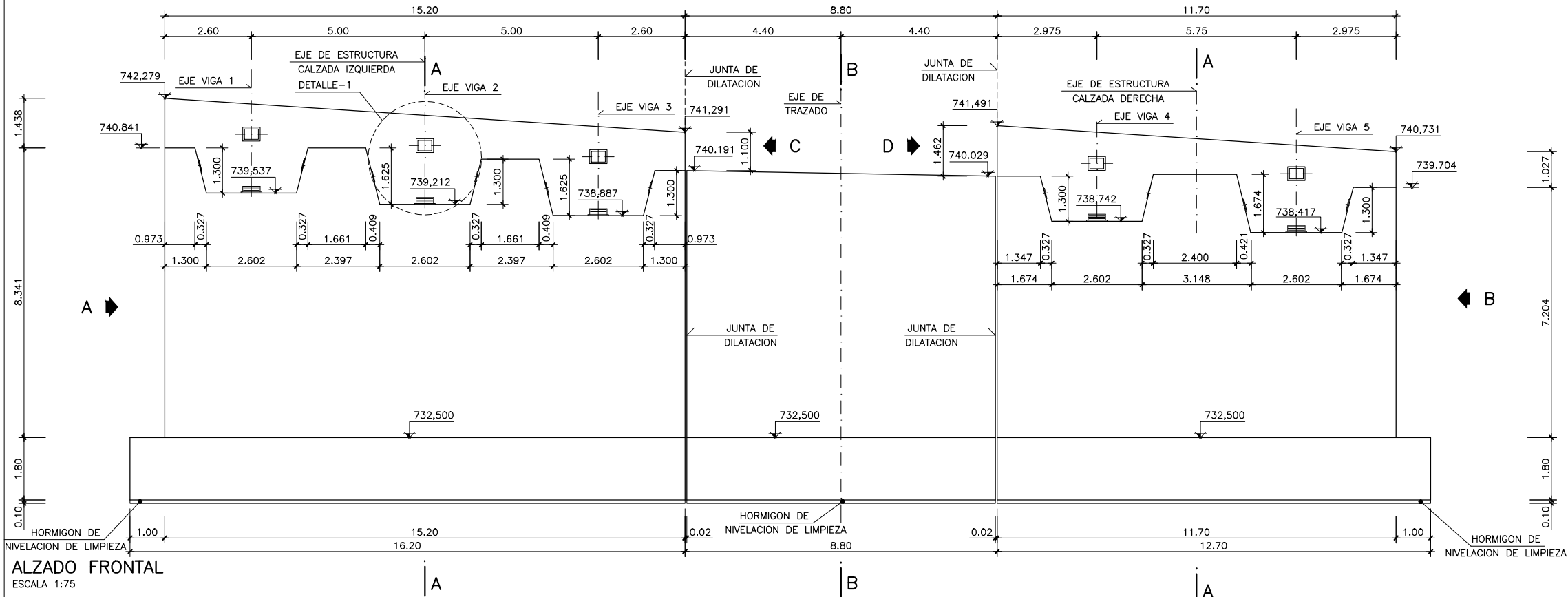
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

Nº PLANO:
2.7.1.2
HOJA 4 DE 29

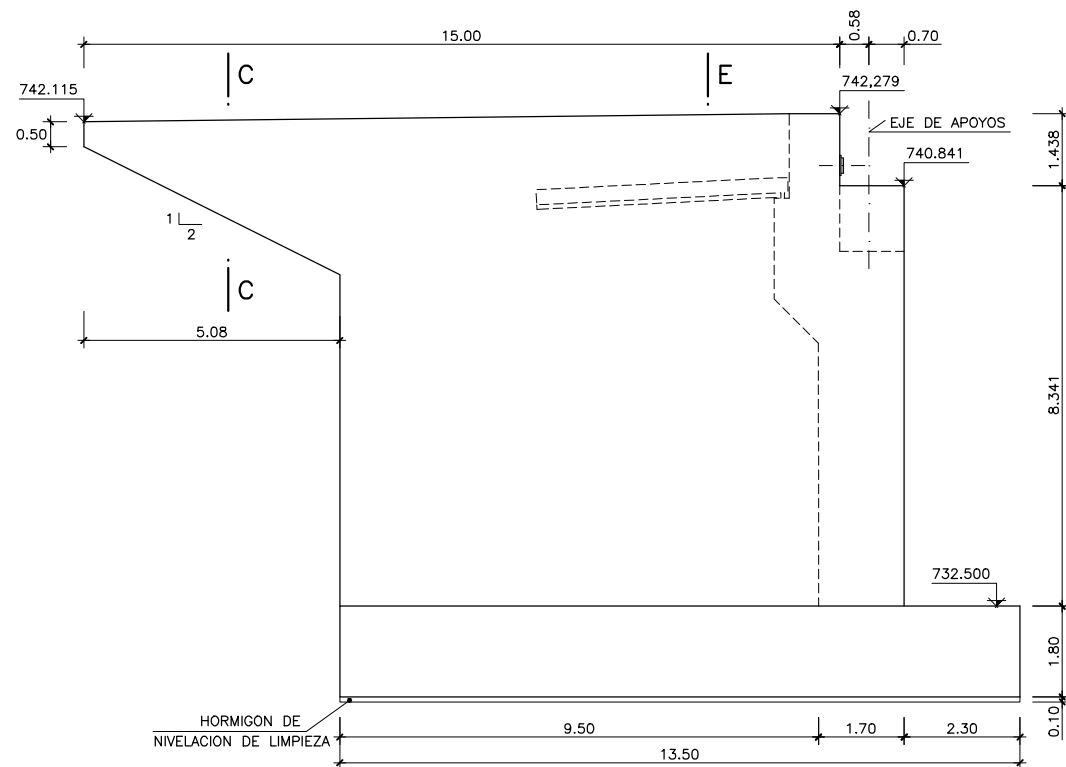
DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
ESTRIBO-1
DEFINICIÓN GEOMÉTRICA (III)

FECHA:
ENERO 2015



- NOTAS:
- LA TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO PREVIA PARA EL CALCULO DE LA CIMENTACION ES DE 2.50 kp/cm2. ESTE DATO SERA COMPROBADO EN OBRA.
 - SE IMPERMEABILIZARAN TODOS LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS EXCEPTO LAS CIMENTACIONES.
 - LA SALIDA DEL DRENAJE DEL TRASDOS DE LOS MUROS SE DECIDIRA EN OBRA.
 - SE DISPONDRAN APOYOS DE NEOPRENO CON CUÑA VULCANIZADA CON LA PENDIENTE INDICADA EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - LOS NEOPRENOS SE ORIENTARAN EN PLANTA SEGUN EL AZIMUT DE LAS VIGAS INDICADO EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - VER COTA SUPERIOR DE NEOPRENO EN CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N°1.

CÓDIGO:	DIBUJADO:	REVISADO:	FECHA:	Nº REVIS.:
2.7.1.2	TEJASO S.L.	F. MARTINEZ	OCTUBRE 2007	00





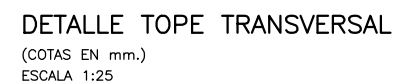
DETALLE DE APOYOS DE NEOPRENO
ZUNCHADO TOPE LONGITUDINAL
ESCALA 1:10
(COTAS EN mm.)



TOPE TRANSVERSAL
ESCALA 1:10
(COTAS EN mm.)



DETALLE APOYOS DE
NEOPRENO ZUNCHADO
ESCALA 1:10
(COTAS EN mm.)



- LA TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO PREVIA PARA EL CALCULO DE LA CIMENTACION ES DE 2.50 kp/cm2. ESTE DATO SERA COMPROBADO EN OBRA.
- SE IMPERMEABILIZARAN TODOS LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS EXCEPTO LAS CIMENTACIONES.
- LA SALIDA DEL DRENAJE DEL TRASDOS DE LOS MUROS SE DECIDIRA EN OBRA.
- SE DISPONDRAN APOYOS DE NEOPRENO CON CUÑA VULCANIZADA CON LA PENDIENTE INDICADA EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
- LOS NEOPRENOS SE ORIENTARAN EN PLANTA SEGUN EL AZIMUT DE LAS VIGAS INDICADO EN EL CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
- VER COTA SUPERIOR DE NEOPRENO EN CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS.
- VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N°1.

CÓDIGO:	DIBUJADO:	REVISADO:	FECHA:	Nº REVIS.:
2.7.1.2	TEDASO S.L.	F. MARTINEZ	OCTUBRE 2007	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:

INOCESA
Una Empresa AECOM


INTEGRACIÓN, ES EL FUTURO

Ing. Autor del Proyecto:

Ing. Director del Proyecto:



D. FRANCISCO GONZALEZ BUENAFINA

ESCALAS:

INDICADAS

ORIGINAL EN A-1 GRÁFICAS

TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

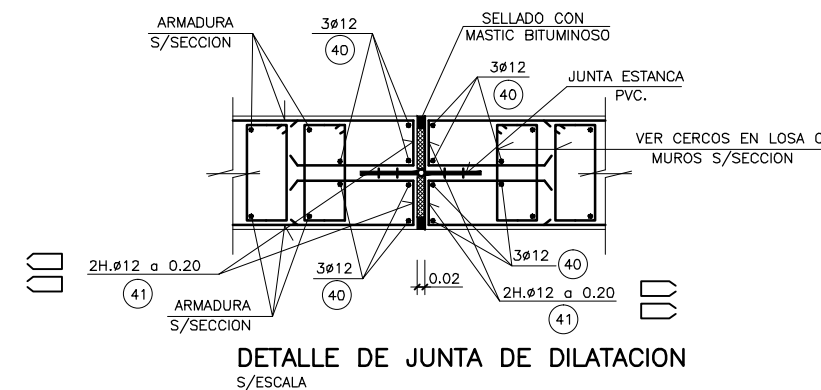
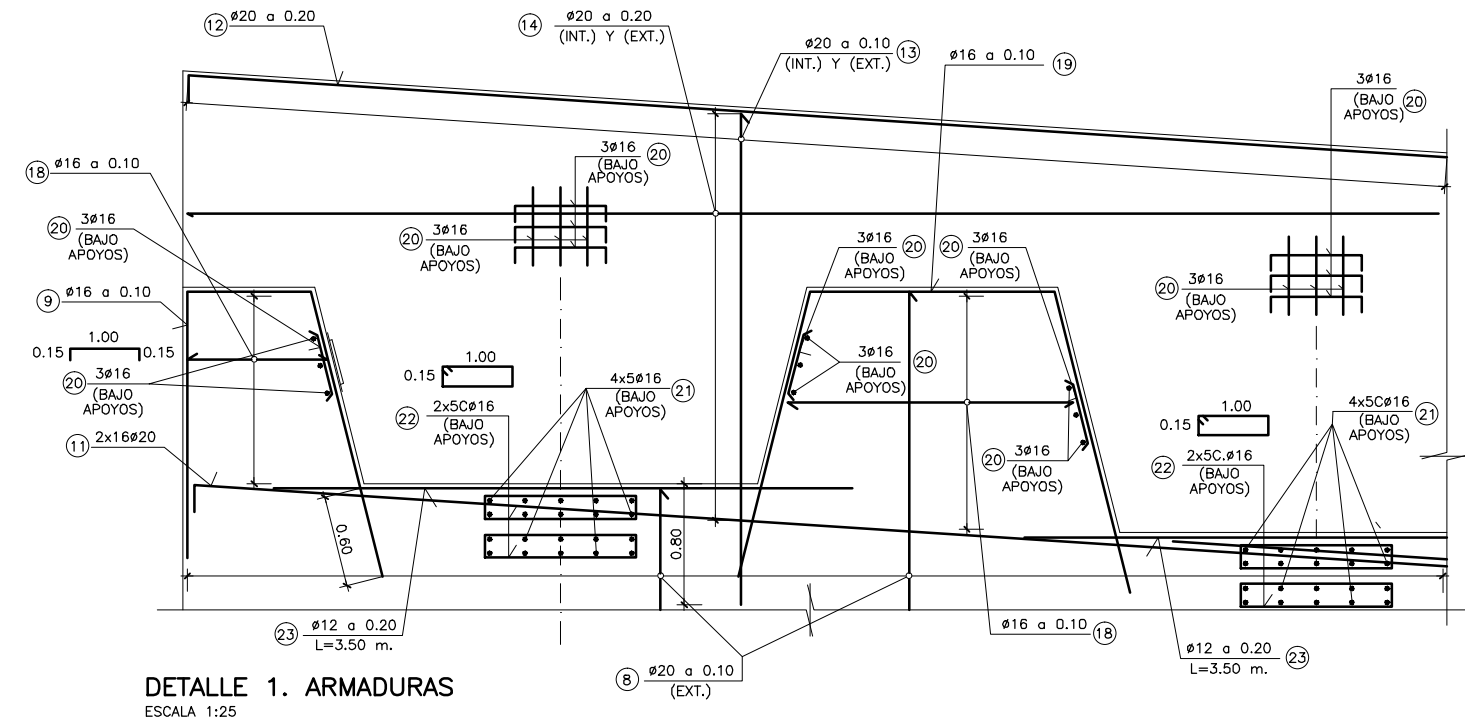
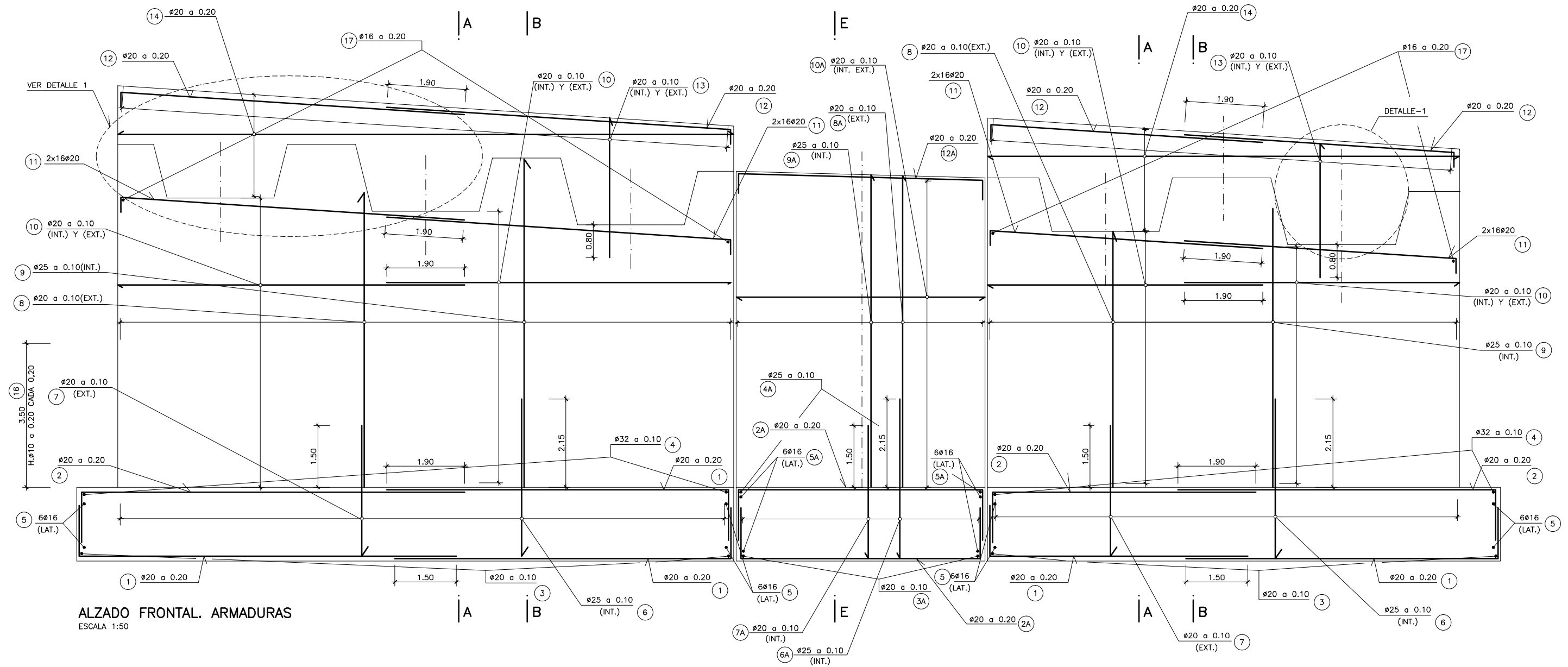
CLAVE:	43-GR-3740.A
--------	--------------

A	Nº PLANO:	2.7.1.2
	HOJA 7 DE 25	

DESIGNACIÓN DEL PLANO:	FE
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES	
ESTRIBO-2	
DEFINICION GEOMETRICA (III)	

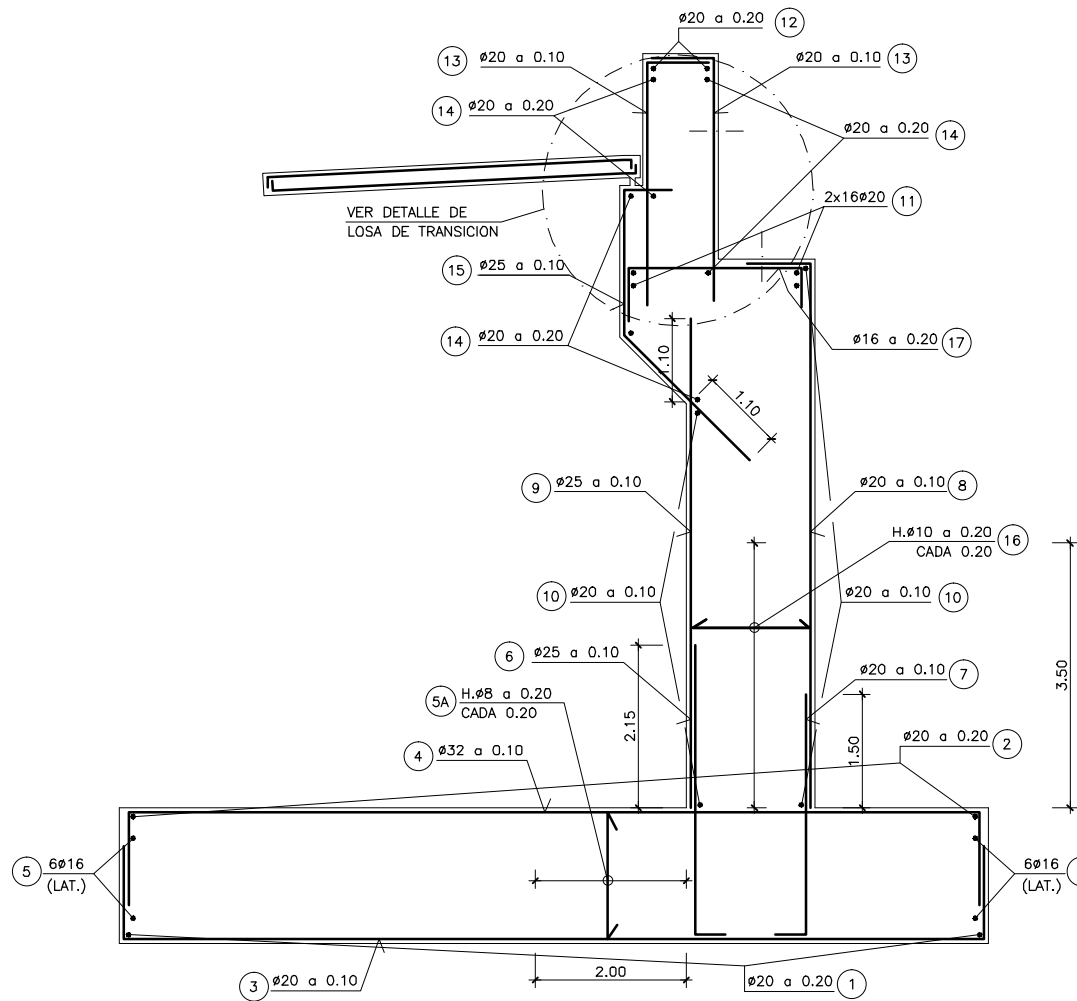
FECHA:

ENERO 2015

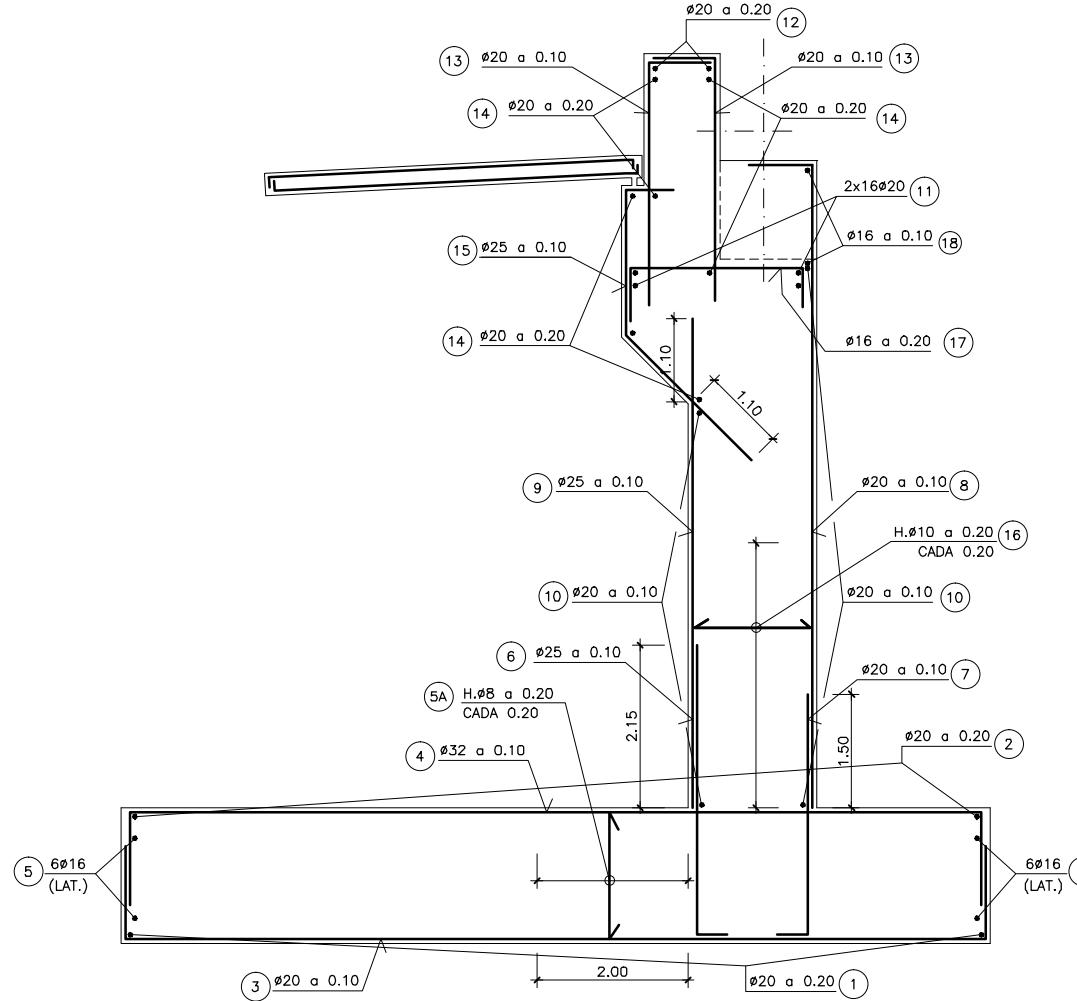


- NOTAS:**
- SALVO ACOTACION EXPRESA EN PLANOS, PARA LOS ANCLAJES, DOBLADOS Y EMPALMES POR SOLAPO, SE SEGUIRAN LAS PRESCRIPCIONES CONTENIDAS EN LA EHE.
 - EN TODOS LOS CASOS LA DISTANCIA ENTRE CUALQUIER ARMADURA PASIVA Y EL PARAMENTO MAS PROXIMO NO SERA MENOR DE 3.50 cm. SALVO EN LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS QUE SERA DE 5.0 cm.
 - PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS SERA PRECEPTIVO EL EMPLEO DE SEPARADORES ADECUADOS AL DIAMETRO Y POSICION DE LAS BARRAS, ESTANDO EXPRESAMENTE CONTRAINDICADOS LOS DE MORTERO DE CEMENTO REALIZADOS EN LA PROPIA OBRA.
 - LAS LONGITUDES DE ANCLAJE SE AUMENTARAN 100% RESPECTO A LAS DEFINIDAS PARA CARGAS ESTATICAS.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N°1.

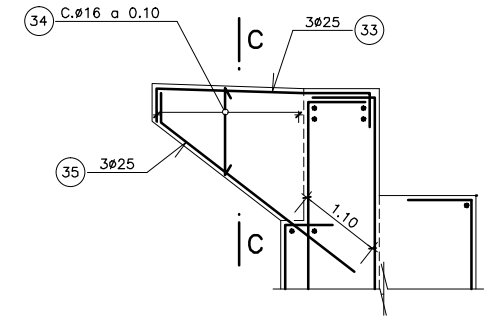
CÓDIGO:	2.7.1.2
DIBUJADO:	TEDASO S.L.
REVISADO:	F. MARTÍNEZ
FECHA:	OCTUBRE 2007
Nº REVIS.:	00



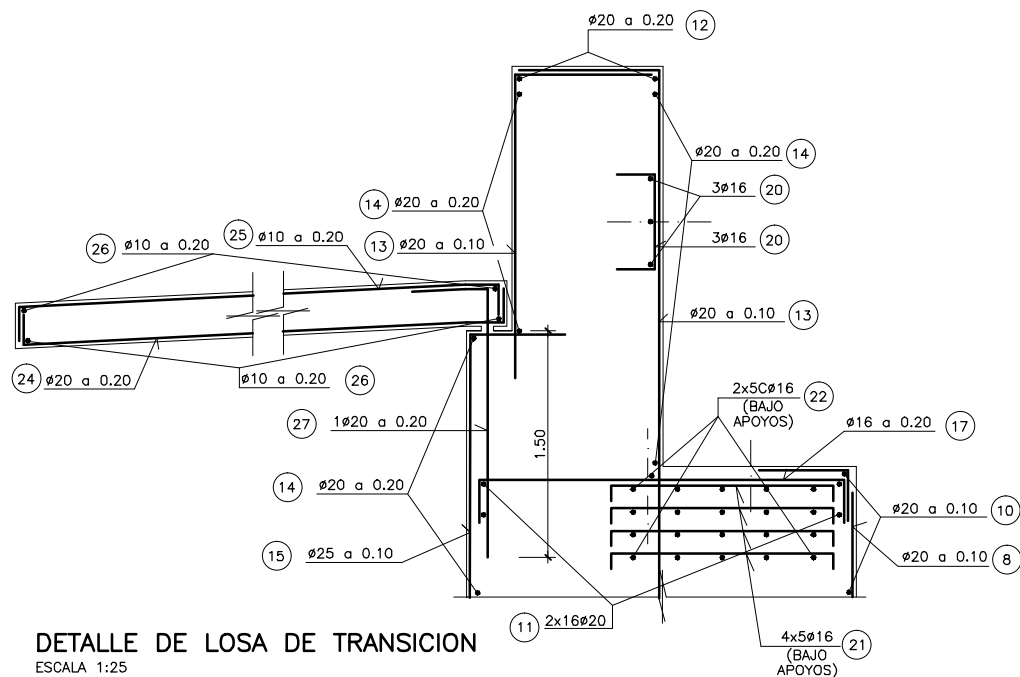
SECCION A-A
ESCALA 1:50



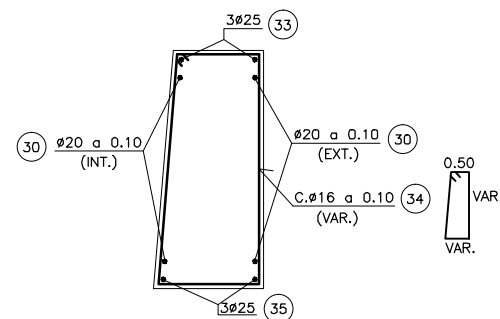
SECCION B-B
ESCALA 1:50



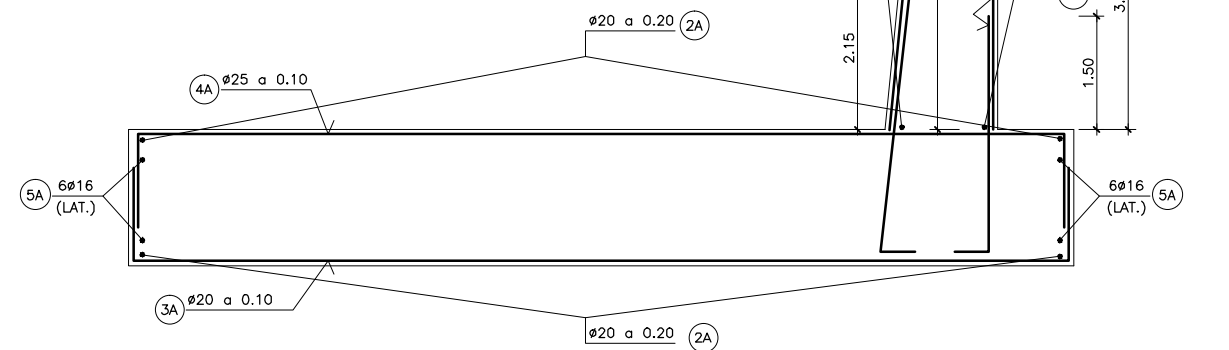
DETALLES EN ALETAS INTERIORES
ESCALA 1:50



DETALLE DE LOSA DE TRANSICION
ESCALA 1:25



SECCION C-C
ESCALA 1:25



SECCION E-E
ESCALA 1:50

NOTAS:

- SALVO ACOTACION EXPRESA EN PLANOS, PARA LOS ANCLAJES, DOBLADOS Y EMPALMES POR SOLAPO, SE SEGUIRAN LAS PRESCRIPCIONES CONTENIDAS EN LA EHE.
- EN TODOS LOS CASOS LA DISTANCIA ENTRE CUALQUIER ARMADURA PASIVA Y EL PARAMENTO MAS PROXIMO NO SERA MENOR DE 3.50 cm. SALVO EN LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS QUE SERA DE 5.0 cm.
- PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS SERA PRECEPTIVO EL EMPLEO DE SEPARADORES ADECUADOS AL DIAMETRO Y POSICION DE LAS BARRAS, ESTANDO EXPRESAMENTE CONTRAINDICADOS LOS DE MORTERO DE CEMENTO REALIZADOS EN LA PROPIA OBRA.
- LAS LONGITUDES DE ANCLAJE SE AUMENTARAN 10% RESPECTO A LAS DEFINIDAS PARA CARGAS ESTATICAS.
- VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N°1.

CÓDIGO:	2.7.1.2
DIBUJADO:	TEDASO S.L.
REVISADO:	F. MARTÍNEZ
FECHA:	OCTUBRE 2007
Nº REVIS.:	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCSA
Una Empresa AEDOM

Ing. Autor del Proyecto:
[Firma]
Dña. MURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
[Firma]
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

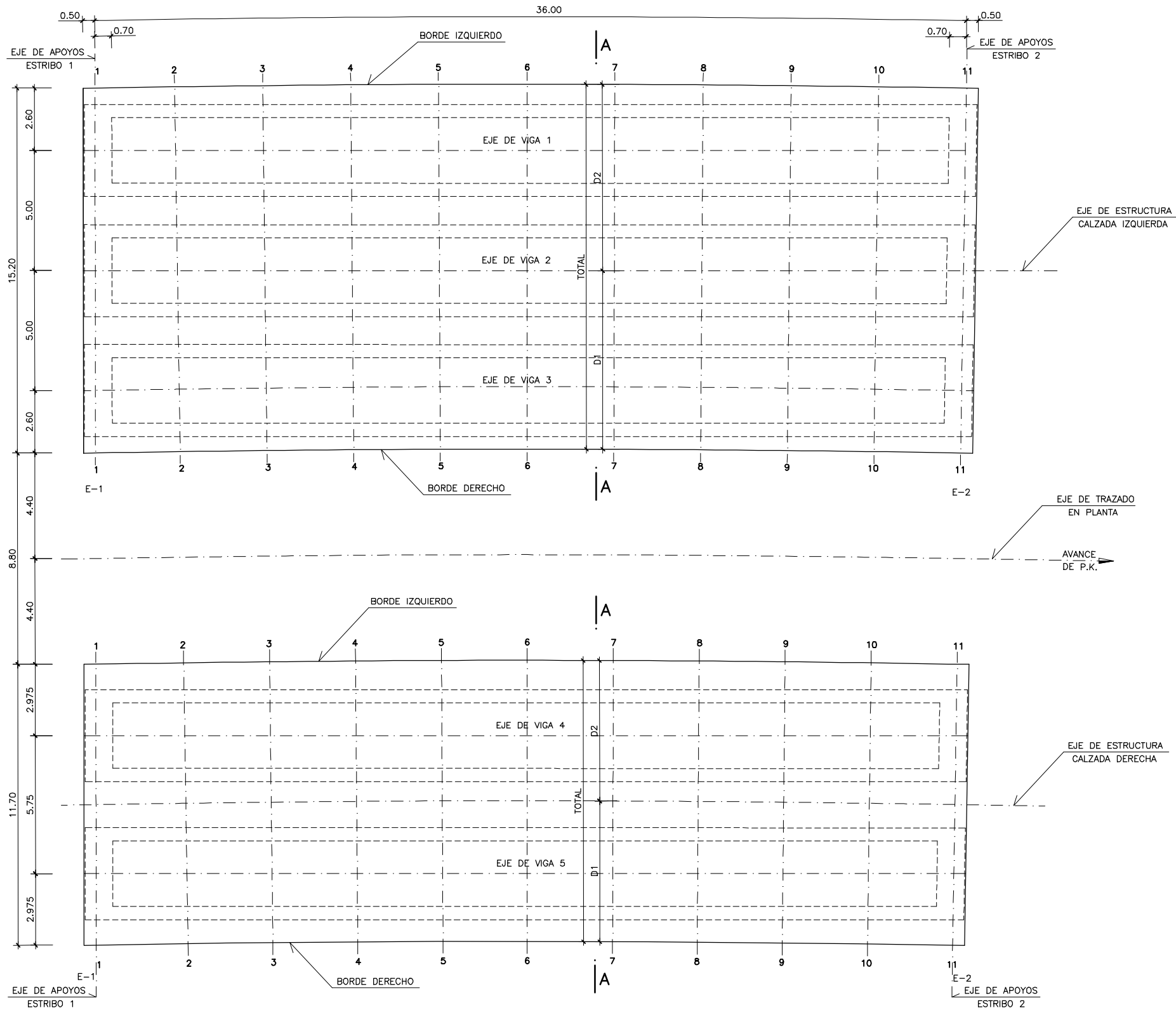
Nº PLANO:
2.7.1.2
HOJA 9 DE 29

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
ESTRIBOS
ARMADURAS (II)

FECHA:
ENERO 2015

CÓDIGO: 2.7.1.2	DIBUJADO: TEDASO S.L.	REVISADO: F. MARTÍNEZ	FECHA: OCTUBRE 2007	Nº REVIS.: 00

 MINISTERIO DE FOMENTO	SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTES Y VIVIENDA	DEMARCACIÓN DE CARRETERAS DEL ESTADO ANDALUCÍA ORIENTAL	CONSULTOR: INOCSA Una Empresa AECOM	Ing. Autor del Proyecto:  Dña. MARÍA VÁZQUEZ FUSTES	Ing. Director del Proyecto:  D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO	ESCALAS: INDICADAS ORIGINAL EN A-1 GRÁFICAS	TÍTULO DEL PROYECTO: AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA. VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA. TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN	CLAVE: 43-GR-3740.A	Nº PLANO: 2.7.1.2 HOJA 11 DE 29	DESIGNACIÓN DEL PLANO: VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES TABLERO. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA (I)	FECHA: ENERO 2015
	SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS										
	DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS										



PLANTA
ESCALA 1:100

- NOTAS:
- LAS LUCES ESTAN MEDIDAS EN DESARROLLO SOBRE EL EJE DE LA ESTRUCTURA.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA 1.
 - VER SECCION A-A EN PLANO TABLERO DEFINICION GEOMETRICA (II).

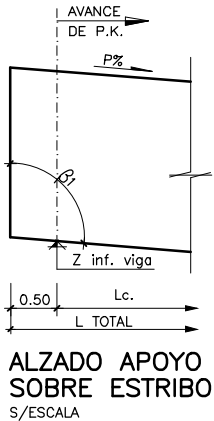


TABLERO: DEFINICION GEOMETRICA CALZADA DERECHA

DATOS SECCIONES			BORDE IZQUIERDO				BORDE DERECHO				DISTANCIAS		
VANO	SECCION	Or (grad)	P.K. (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	P.K. (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	D1 (m)	D2 (m)	TOTAL (m)
E-1	1	59.8197	1+667.374	440129.006	4107286.954	741.956	1+667.165	440119.720	4107280.167	741.211	-5.75	5.75	11.50
	2	59.8197	1+670.953	440131.155	4107284.111	741.905	1+670.786	440121.889	4107277.325	741.160	-5.75	5.75	11.50
	3	59.8197	1+674.532	440133.293	4107281.261	741.856	1+674.407	440124.008	4107274.475	741.110	-5.75	5.75	11.50
	4	59.8197	1+678.112	440135.421	4107278.403	741.807	1+678.028	440126.136	4107271.617	741.061	-5.75	5.75	11.50
	5	59.8197	1+681.691	440137.539	4107275.538	741.760	1+681.649	440128.254	4107268.752	741.013	-5.75	5.75	11.50
	6	59.8197	1+685.270	440139.647	4107272.665	741.713	1+685.270	440130.362	4107265.879	740.966	-5.75	5.75	11.50
	7	59.8197	1+688.849	440141.744	4107269.785	741.668	1+688.891	440132.459	4107262.999	740.920	-5.75	5.75	11.50
	8	59.8197	1+692.428	440143.831	4107266.897	741.623	1+692.512	440134.546	4107260.111	740.875	-5.75	5.75	11.50
	9	59.8197	1+696.008	440145.908	4107264.002	741.580	1+696.133	440136.623	4107257.215	740.831	-5.75	5.75	11.50
	10	59.8197	1+699.587	440147.974	4107261.099	741.537	1+699.754	440138.689	4107254.312	740.788	-5.75	5.75	11.50
E-2	11	59.8197	1+703.166	440150.030	4107258.189	741.496	1+703.375	440140.744	4107251.402	740.746	-5.75	5.75	11.50

NOTAS:

- VER SITUACION DE SECCION A-A EN PLANTA DE PLANO "TABLERO. DEFINICION GEOMETRICA (I)".
- VER VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA 1.

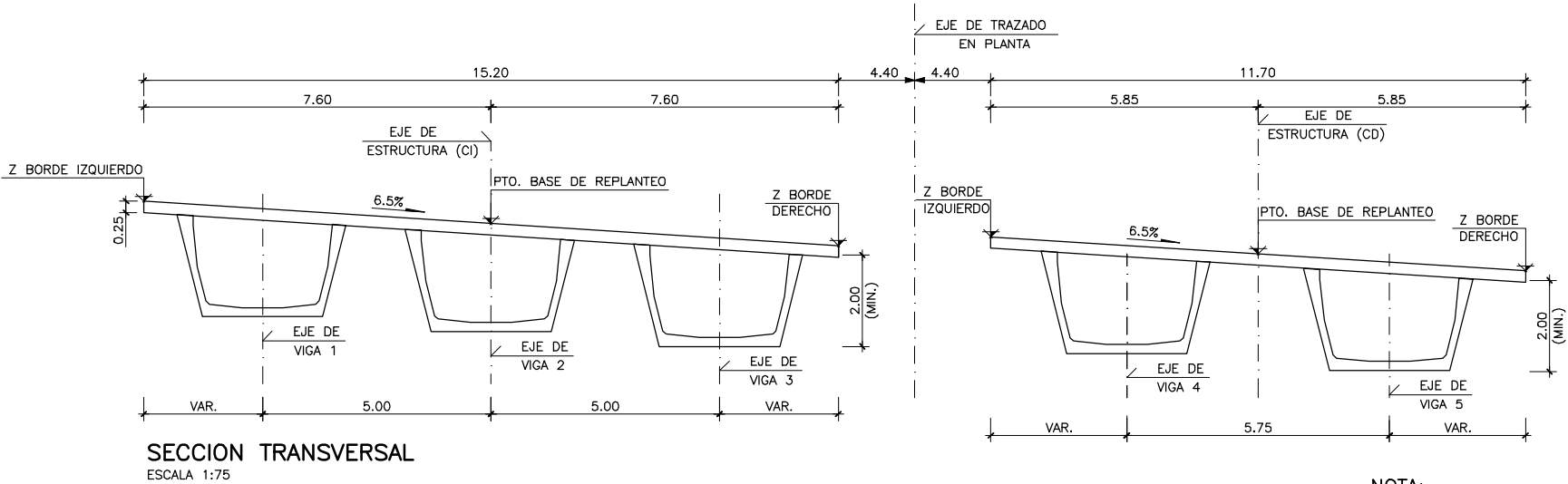
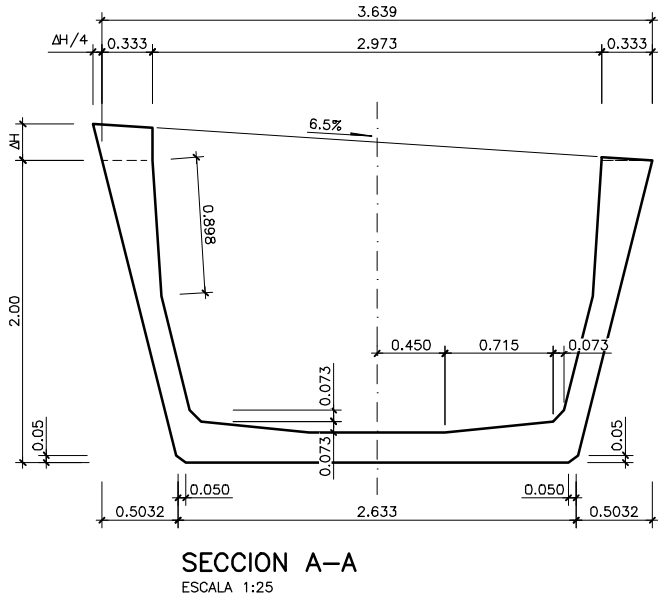
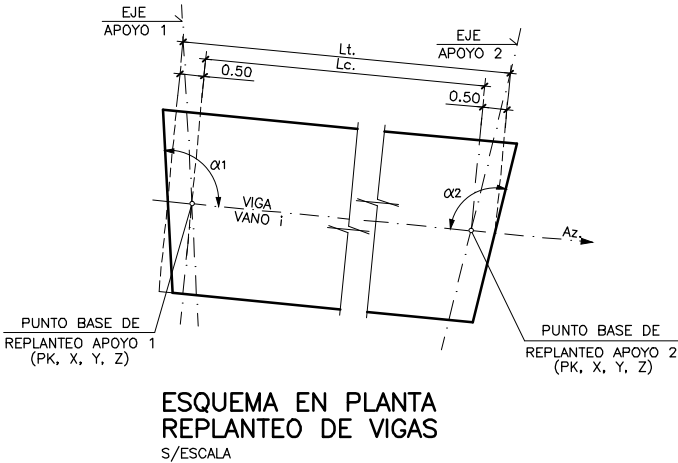


CUADRO DE REPLANTEO DE VIGAS																			
		APOYOS DORSALES				APOYOS FRONTALES				DATOS GENERALES DE LAS VIGAS									
TABLERO	VIGA	P.K. [m]	X [m]	Y [m]	Z inf. viga [m]	P.K. [m]	X [m]	Y [m]	Z inf. viga [m]	Ed [m]	Lc [m]	Ef [m]	Ltotal [m]	Az [grad]	α 1 [grad]	β 1 [grad]	α 2 [grad]	β 2 [grad]	P [%]
IZQUIERDO	1	1+667.571	440146.319	4107299.837	740.186	1+702.969	440167.561	4107270.772	739.730	0.500	36.000	0.500	37.000	159.8197	100.0000	100.8066	100.0000	99.1934	-1.267
	2	1+667.484	440142.282	4107296.886	739.862	1+703.056	440163.525	4107267.822	739.404	0.500	36.000	0.500	37.000	159.8197	100.0000	100.8097	100.0000	99.1903	-1.272
	3	1+667.396	440138.245	4107293.936	739.538	1+703.144	440159.488	4107264.872	739.079	0.500	36.000	0.500	37.000	159.8197	100.0000	100.8116	100.0000	99.1884	-1.275
DERECHO	4	1+667.137	440126.640	4107285.454	739.388	1+703.403	440147.882	4107256.389	738.921	0.500	36.000	0.500	37.000	159.8197	100.0000	100.8256	100.0000	99.1744	-1.297
	5	1+667.031	440121.997	4107282.061	739.038	1+703.509	440143.240	4107252.996	738.568	0.500	36.000	0.500	37.000	159.8197	100.0000	100.8314	100.0000	99.1683	-1.306

VIGA 1			VIGA 2			VIGA 3			VIGA 4			VIGA 5		
DIST. A ORIG. [m]	ΔH ALMA IZQUIERDA [m]	ΔH ALMA DERECHA [m]	DIST. A ORIG. [m]	ΔH ALMA IZQUIERDA [m]	ΔH ALMA DERECHA [m]	DIST. A ORIG. [m]	ΔH ALMA IZQUIERDA [m]	ΔH ALMA DERECHA [m]	DIST. A ORIG. [m]	ΔH ALMA IZQUIERDA [m]	ΔH ALMA DERECHA [m]	DIST. A ORIG. [m]	ΔH ALMA IZQUIERDA [m]	ΔH ALMA DERECHA [m]
0.000	0.264	0.022	0.000	0.264	0.022	0.000	0.264	0.022	0.000	0.264	0.022	0.000	0.264	0.022
0.500	0.263	0.021	0.500	0.263	0.021	0.500	0.263	0.021	0.500	0.263	0.021	0.500	0.263	0.021
7.700	0.247	0.007	7.700	0.247	0.007	7.700	0.247	0.007	7.700	0.247	0.007	7.700	0.247	0.007
14.900	0.240	0.000	14.900	0.240	0.000	14.900	0.240	0.000	14.900	0.240	0.000	14.900	0.240	0.000
22.100	0.240	0.000	22.100	0.240	0.000	22.100	0.240	0.000	22.100	0.240	0.000	22.100	0.240	0.000
29.300	0.247	0.007	29.300	0.247	0.007	29.300	0.247	0.007	29.300	0.247	0.007	29.300	0.247	0.007
36.500	0.263	0.021	36.500	0.263	0.021	36.500	0.263	0.021	36.500	0.263	0.021	36.500	0.263	0.021
37.000	0.264	0.022	37.000	0.264	0.022	37.000	0.264	0.022	37.000	0.264	0.022	37.000	0.264	0.022

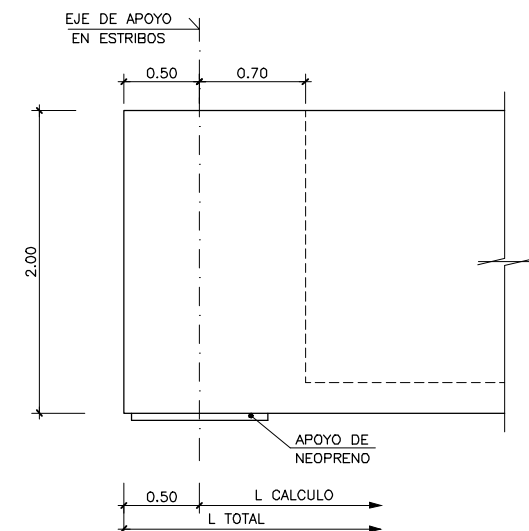
NOTAS:

- EL INCREMENTO DE ALMA (+) INDICA QUE ESTA AUMENTA.
- EL INCREMENTO DE ALMA (-) INDICA QUE ESTA DISMINUYE.
- EL PERALTE POSITIVO INDICA QUE LA SECCION BAJA DE IZQUIERDA A DERECHA.
- EL INCREMENTO DE LA ALTURA DEL ALMA DE CADA VIGA SERA LINEAL CONFORME A LOS INTERVALOS INDICADOS EN EL CUADRO DE INCREMENTOS DE LAS ALMAS DE LAS VIGAS.
- LAS SECCIONES SON NORMALES AL EJE DE LA VIGA.



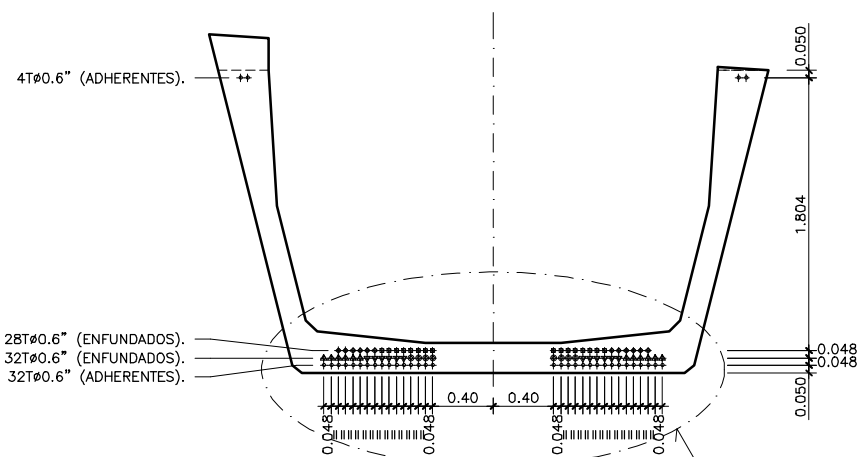
NOTA:
- VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N°1.

CÓDIGO:	2.7.1.2
DIBUJADO:	TEDASO S.L.
REVISADO:	F. MARTÍNEZ
FECHA:	OCTUBRE 2007
N° REVIS.:	00



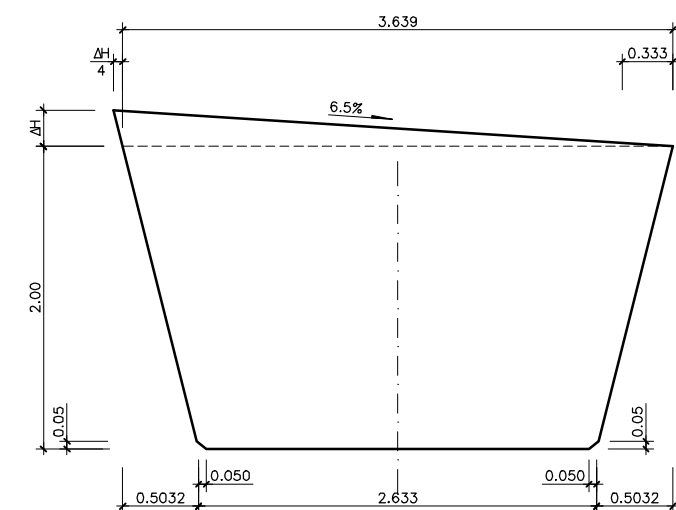
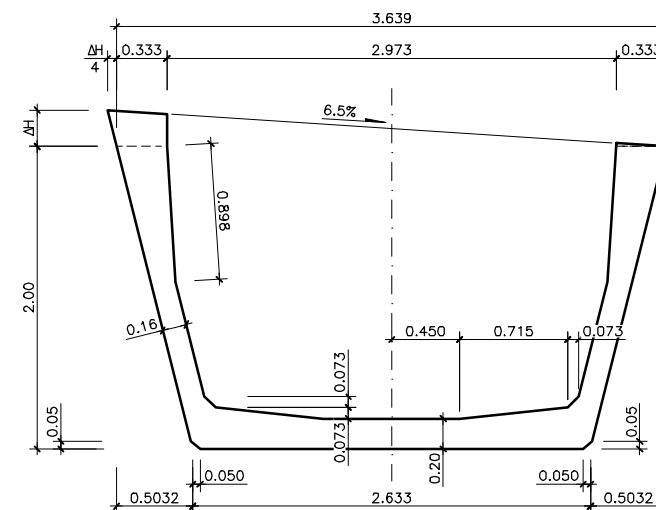
DETALLE DE APOYO ESTRIBOS

ESCALA 1:25



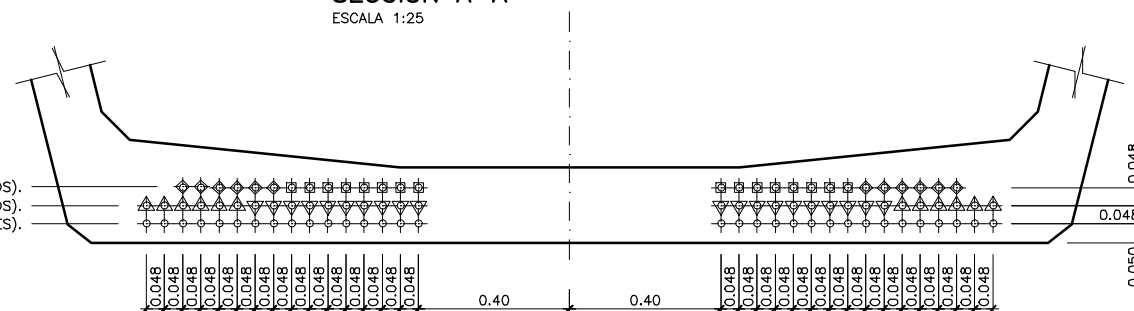
SECCION A-A

ESCALA 1:25



SECCION B-B
(RIOSTRA ESTRIBO)

ESCALA 1:25



DETALLE 1

ESCALA 1:10

- 12 TORONES ENFUNDADOS (2m. POR EXTREMO).
 20 TORONES ENFUNDADOS (6m. POR EXTREMO).
 12 TORONES ENFUNDADOS (6m. POR EXTREMO).
 16 TORONES ENFUNDADOS (9.5m. POR EXTREMO).

CÓDIGO:	DIBUJADO:	REVISADO:	FECHA:	Nº REVIS.:
2.7.1.2	TEDASO S.L.	F. MARTINEZ	OCTUBRE 2007	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:

INOCSA
Una Empresa AECOM


INGENIEROS DE VIALBA
Y ASOCIADOS S.A.

Ing. Autor del Proyecto:

Dña. NURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:



D. FRANCISCO GONZALEZ BUENO

ESCALAS:

INDICADAS

ORIGINAL EN A-1

GRÁFICAS

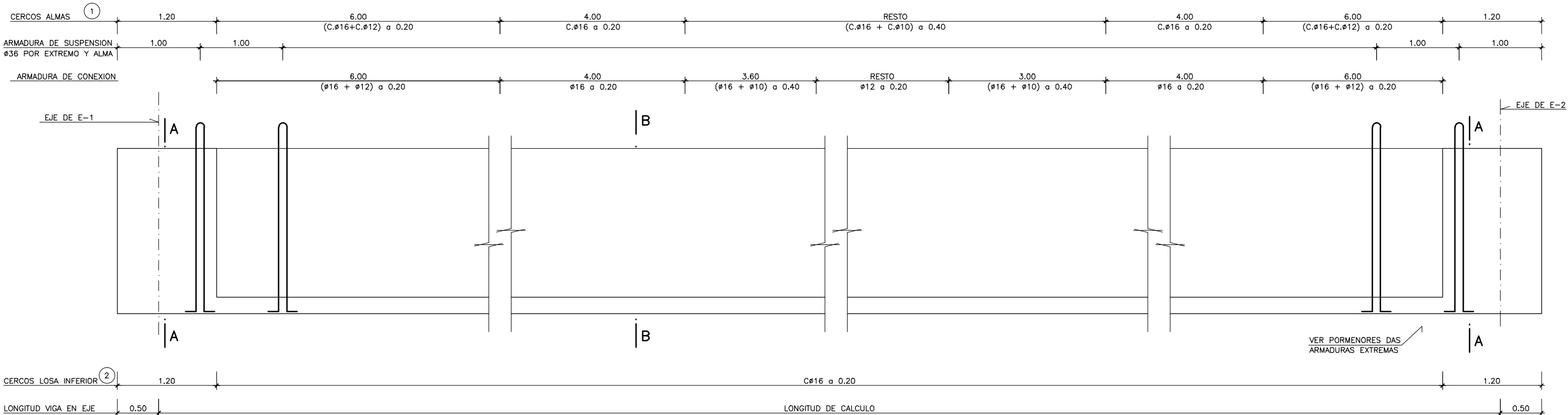
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:	43-GR-3740.A
--------	--------------

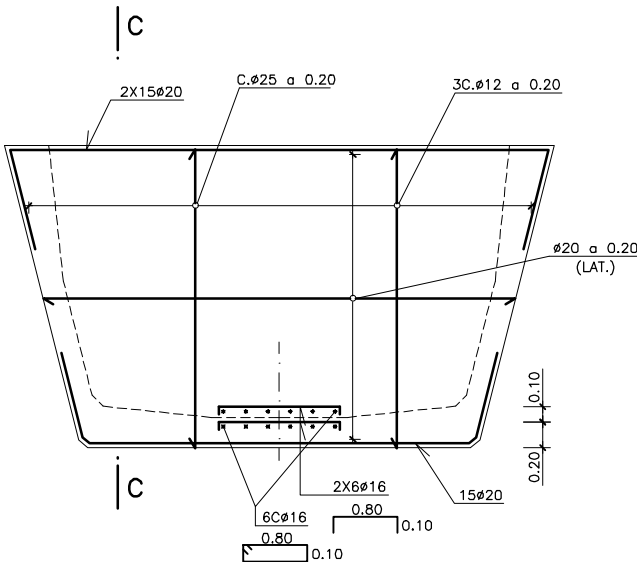
Nº PLANO:	2.7.1.2
HOJA	14 DE 2

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
VIGA. DEFINICION GEOMETRICA Y PRETENSADO

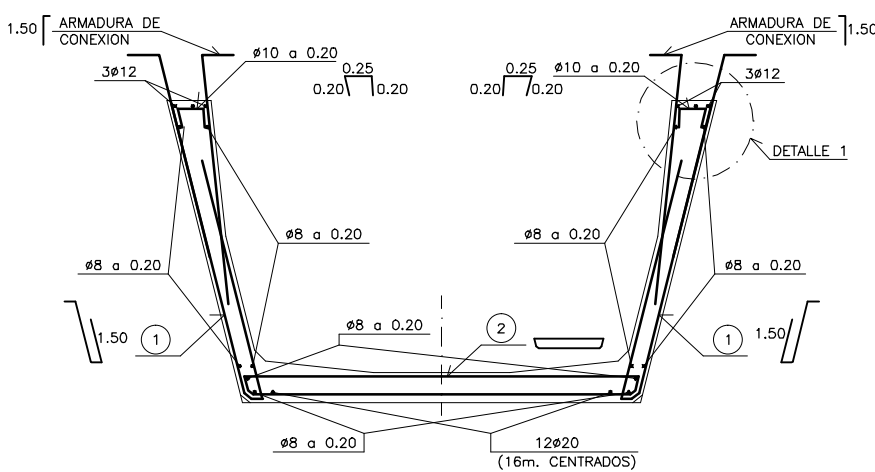
FECHA:
(1)ENERO 2015



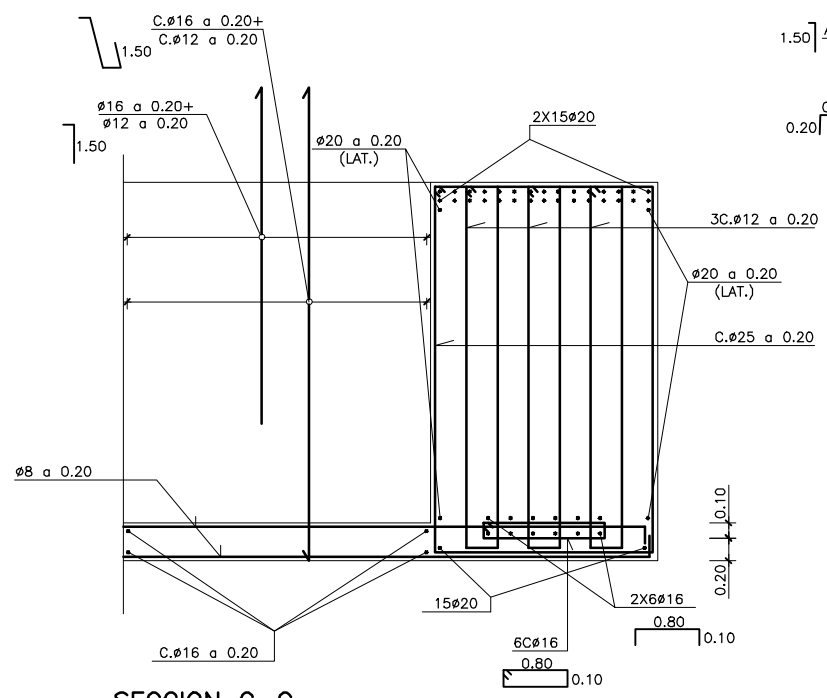
ALZADO DE VIGAS
ESCALA 1:25



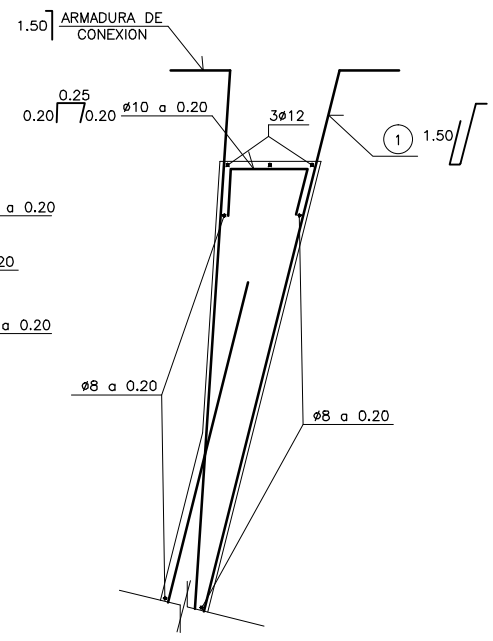
SECCION A-A
(RIOSTRA)
ESCALA 1:25



SECCION B-B
(TIPO)
ESCALA 1:25



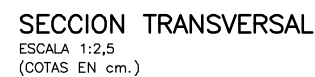
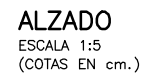
SECCION C-C
ESCALA 1:25



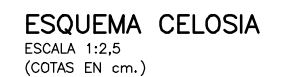
DETALLE 1
ESCALA 1:10

- NOTAS:
- SALVO ACOTACION EXPRESA EN PLANO, PARA LOS ANCLAJES, DOBLADOS Y EMPALMES POR SOLAPE, SE SEGUIRAN LAS PRESCRIPCIONES CONTENIDAS EN LA EHE.
 - EN TODOS LOS CASOS LA DISTANCIA ENTRE CUALQUIER ARMADURA PASIVA Y EL PARAMENTO MAS PROXIMO NO SERA MENOR DE 3.0cm. SALVO EN LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS QUE SERA DE 5 cm.
 - PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS SERA PRECEPTIVO EL EMPLEO DE SEPARADORES ADECUADOS AL DIAMETRO Y POSSICION DE LAS BARRAS, ESTANDO EXPRESAMENTE CONTRAINDICADAS LOS DE MORTERO DE CEMENTO REALIZADOS EN LA PROPIA OBRA.
 - LAS LONGITUDES DE ANCLAJE SE AUMENTARAN 10# RESPECTO A LAS DEFINIDAS PARA CARGAS ESTATICAS.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N° 1.

CÓDIGO:	Nº REVIS.:
2.7.1.2	00
DIBUJADO:	FECHA:
TEDASO S.L.	OCTUBRE 2007
REVISADO:	
F. MARTÍNEZ	



PRELOSA TIPO	①	②
VOLADIZO	ø16	ø16
CENTRAL I	ø16	ø16
CENTRAL II	ø16	ø16



- SALVO ACOTACION EXPRESA EN PLANOS, PARA LOS ANCLAJES, DOBLADOS Y EMPALMES POR SOLAPO, SE SEGUIRAN LAS PRESCRIPCIONES CONTENIDAS EN LA EHE.
- EN TODOS LOS CASOS LA DISTANCIA ENTRE CUALQUIER ARMADURA PASIVA Y EL PARAMENTO MAS PROXIMO NO SERA MENOR DE 3.00 cm. SALVO EN LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS QUE SERA DE 5.0 cm.
- PARA GARANTIZAR LOS RECURBIMIENTOS SERA PRECEPTIVO EL EMPLEO DE SEPARADORES ADECUADOS AL DIAMETRO Y POSICION DE LAS BARRAS, ESTANDO EXPRESAMENTE CONTRAINDICADOS LOS DE MORTERO DE CEMENTO REALIZADOS EN LA PROPIA OBRA.
- LAS LONGITUDES DE ANCLAJE SE AUMENTARAN 10% RESPECTO A LAS DEFINIDAS PARA CARGAS ESTATICAS.
- VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N° 1.

ESQUEMA DE PRELOSAS
(CALZADA IZQUIERDA)
ESCALA 1:25

	CÓDIGO:	DIBUJADO:	REVISADO:	FECHA:	Nº REVIS.:
	2.7.1.2	TEDASO S.L.	F. MARTINEZ	OCTUBRE 2007	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:

INOCSA
Una Empresa AECOM


INTEROCEANICA DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES S.A.

Ing. Autor del Proyecto:

Dña. NURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:



D. FRANCISCO GONZALEZ BUENO

ESCALAS:

INDICADAS

ORIGINAL EN A-1

GRÁFICAS

TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

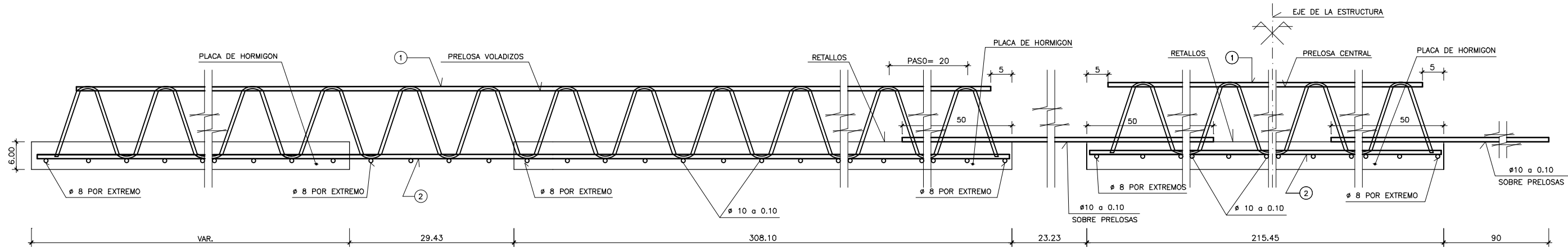
CLAVE:	43-GR-3740.A
--------	--------------

Nº PLANO:	2.7.1.2
HOJA 16 DE 29	

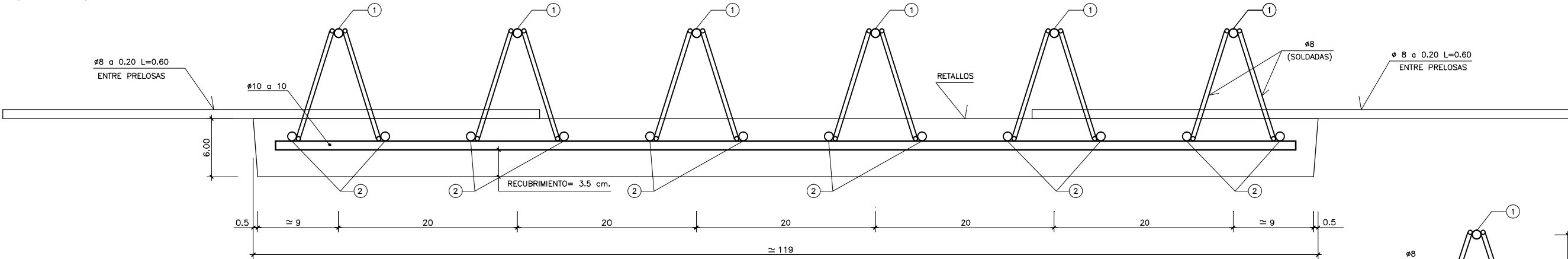
DESIGNACIÓN DEL PLANO:	FECHA:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES	
PRELOSA CALZADA IZQUIERDA	
DEFINICION GEOMETRICA	

FECHA:

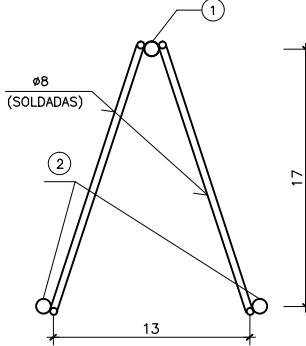
ENERO 2015



ALZADO
ESCALA 1:5
(COTAS EN cm.)

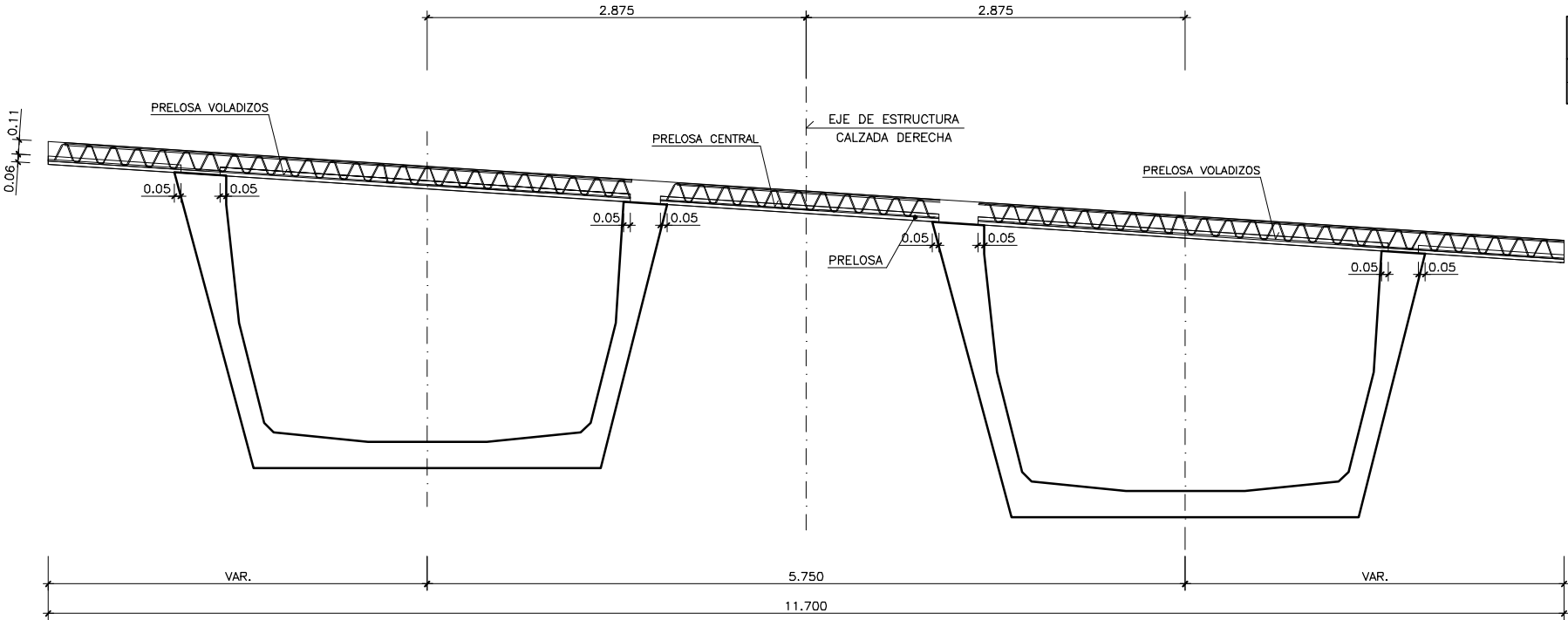


SECCION TRANSVERSAL
ESCALA 1:2,5
(COTAS EN cm.)



ESQUEMA CELOSIA
ESCALA 1:2,5
(COTAS EN cm.)

PRELOSA TIPO	1	2
VOLADIZO	Ø16	Ø16
CENTRAL	Ø16	Ø16



ESQUEMA DE PRELOSAS
(CALZADA DERECHA)
ESCALA 1:25

- NOTAS:
- SALVO ACOTACION EXPRESA EN PLANOS, PARA LOS ANCLAJES, DOBLADOS Y EMPALMES POR SOLAPO, SE SEGUIRAN LAS PRESCRIPCIONES CONTENIDAS EN LA EHE.
 - EN TODOS LOS CASOS LA DISTANCIA ENTRE CUALQUIER ARMADURA PASIVA Y EL PARAMENTO MAS PROXIMO NO SERA MENOR DE 3.00 cm. SALVO EN LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS QUE SERA DE 5.0 cm.
 - PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS SERA PRECEPTIVO EL EMPLEO DE SEPARADORES ADECUADOS AL DIAMETRO Y POSICION DE LAS BARRAS, ESTANDO EXPRESAMENTE CONTRAINDICADOS LOS DE MORTERO DE CEMENTO REALIZADOS EN LA PROPIA OBRA.
 - LAS LONGITUDES DE ANCLAJE SE AUMENTARAN 10Ø RESPECTO A LAS DEFINIDAS PARA CARGAS ESTATICAS.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N° 1.

CÓDIGO:	N° REVIS.:
2.7.1.2	00
DIBUJADO:	FECHA:
TEDASO S.L.	OCTUBRE 2007
REVISADO:	
F. MARTÍNEZ	



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCSA
Una Empresa AECOM
Intef

Ing. Autor del Proyecto:
[Firma]
Dña. MURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
[Firma]
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

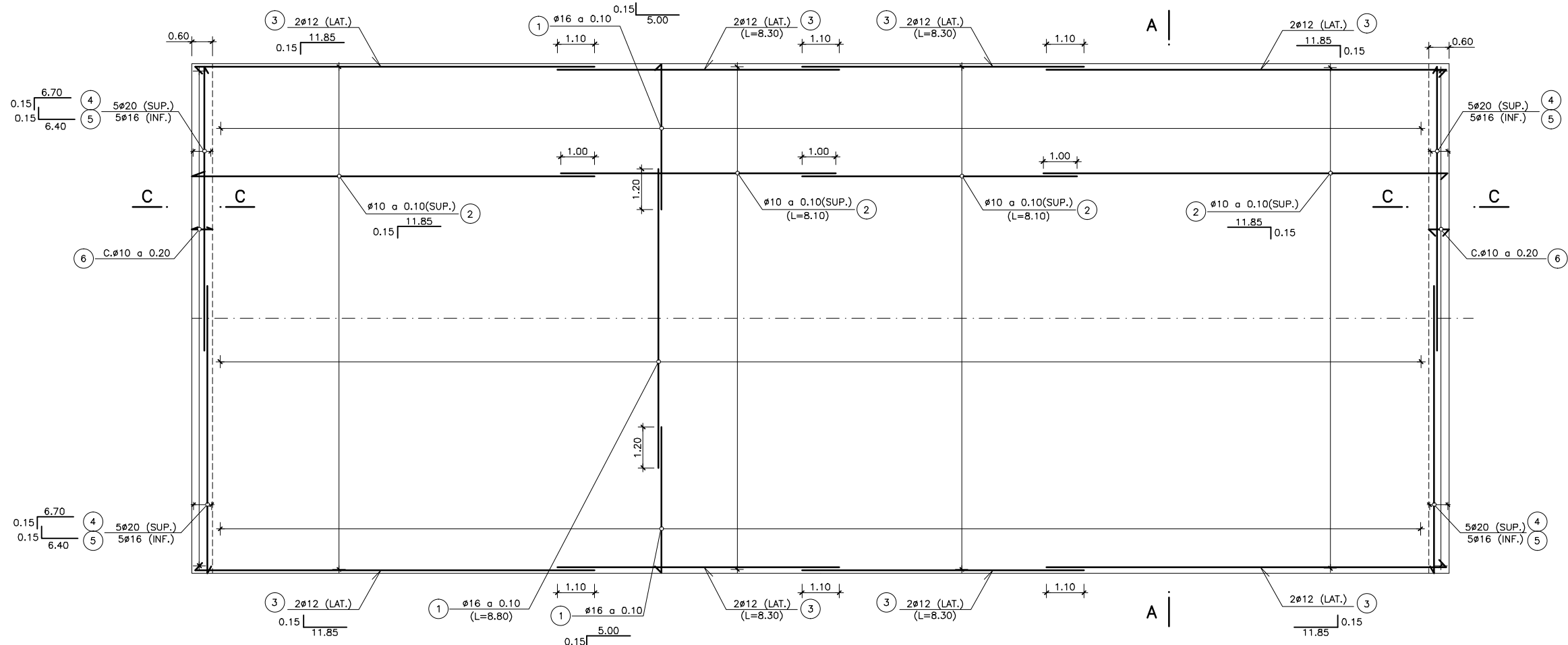
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

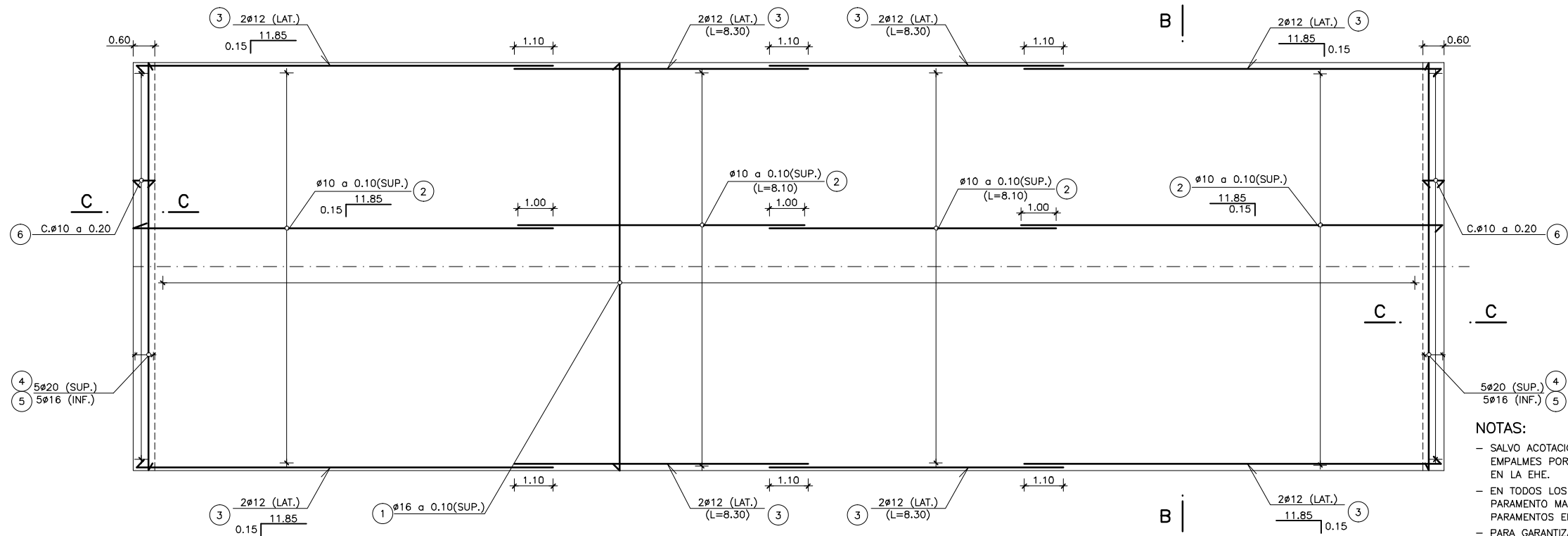
N° PLANO:
2.7.1.2
HOJA 17 DE 29

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
PRELOSA CALZADA DERECHA
DEFINICION GEOMETRICA

FECHA:
ENERO 2015



LOSA TABLERO CALZADA IZQUIERDA
ARMADURAS
ESCALA 1:75



LOSA TABLERO CALZADA DERECHA
ARMADURAS
ESCALA 1:75

- NOTAS:
- SALVO ACOTACION EXPRESA EN PLANOS, PARA LOS ANCLAJES, DOBLADOS Y EMPALMES POR SOLAPO, SE SEGUIRAN LAS PRESCRIPCIONES CONTENIDAS EN LA EHE.
 - EN TODOS LOS CASOS LA DISTANCIA ENTRE CUALQUIER ARMADURA PASIVA Y EL PARAMENTO MAS PROXIMO NO SERA MENOR DE 3.50 cm. SALVO EN LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS QUE SERA DE 5.0 cm.
 - PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS SERA PRECEPTIVO EL EMPLEO DE SEPARADORES ADECUADOS AL DIAMETRO Y POSICION DE LAS BARRAS, ESTANDO EXPRESAMENTE CONTRAINDICADOS LOS DE MORTERO DE CEMENTO REALIZADOS EN LA PROPIA OBRA.
 - LAS LONGITUDES DE ANCLAJE SE AUMENTARAN 10Ø RESPECTO A LAS DEFINIDAS PARA CARGAS ESTATICAS.
 - VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N° 1.

CÓDIGO:	2.7.1.2
DIBUJADO:	TEDASO S.L.
REVISADO:	F. MARTÍNEZ
FECHA:	OCTUBRE 2007
Nº REVIS.:	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCESA
Una Empresa AEDOM

Ing. Autor del Proyecto:
[Firma]
Dña. MURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
[Firma]
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

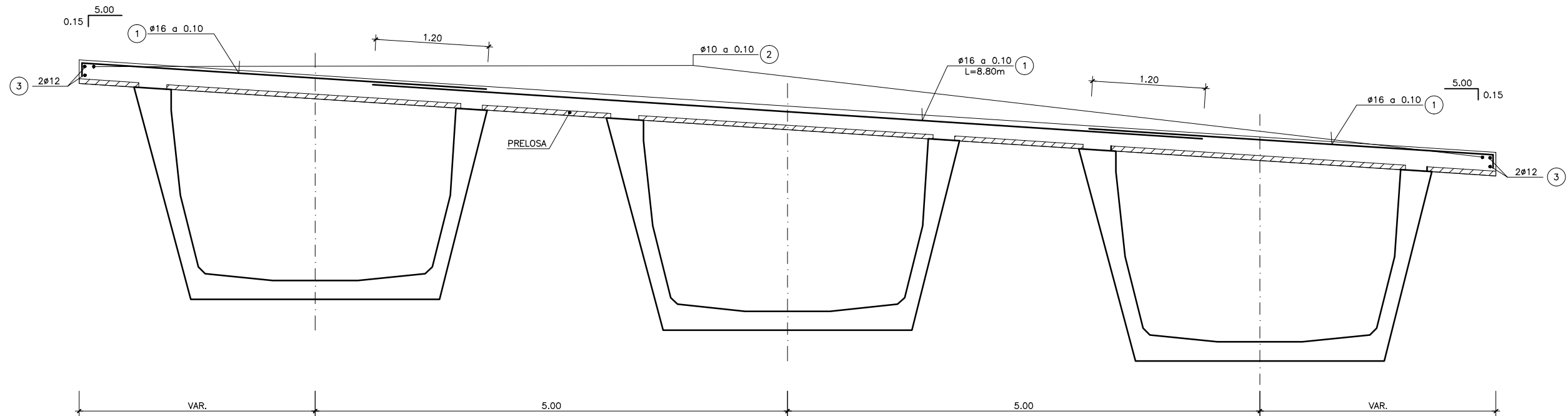
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

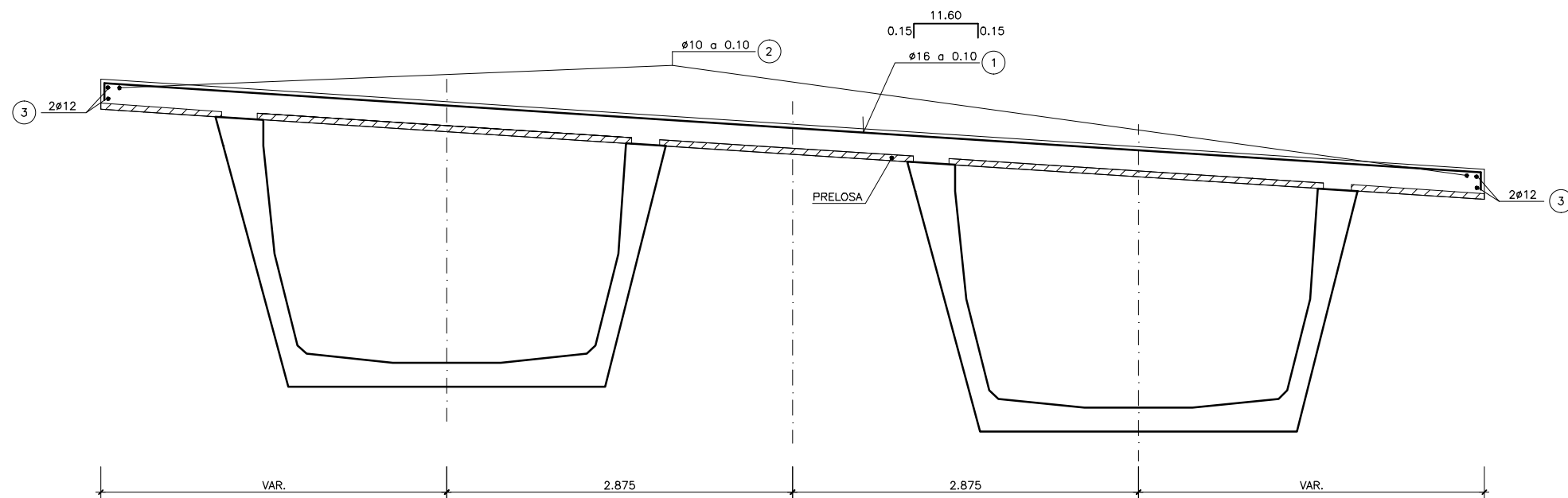
Nº PLANO:
2.7.1.2
HOJA 18 DE 29

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
TABLERO ARMADURAS (I)

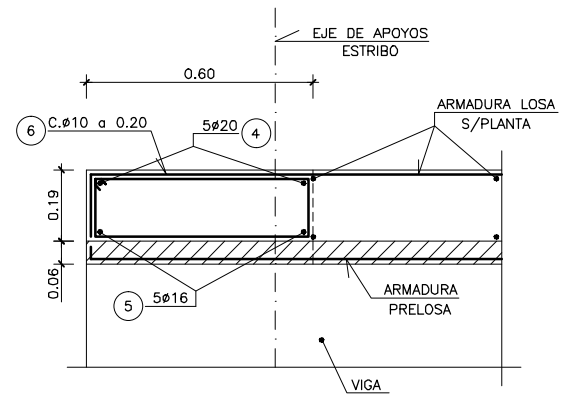
FECHA:
ENERO 2015



SECCION A-A
(CALZADA IZQUIERDA)
ESCALA 1:25



SECCION B-B
(CALZADA DERECHA)
ESCALA 1:25



SECCION C-C
ESCALA 1:10

NOTAS:

- SALVO ACOTACION EXPRESA EN PLANOS, PARA LOS ANCLAJES, DOBLADOS Y EMPALMES POR SOLAPO, SE SEGUIRAN LAS PRESCRIPCIONES CONTENIDAS EN LA EHE.
- EN TODOS LOS CASOS LA DISTANCIA ENTRE CUALQUIER ARMADURA PASIVA Y EL PARAMENTO MAS PROXIMO NO SERA MENOR DE 3.50 cm. SALVO EN LOS PARAMENTOS EN CONTACTO CON LAS TIERRAS QUE SERA DE 5.0 cm.
- PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS SERA PRECEPTIVO EL EMPLEO DE SEPARADORES ADECUADOS AL DIAMETRO Y POSICION DE LAS BARRAS, ESTANDO EXPRESAMENTE CONTRAINDICADOS LOS DE MORTERO DE CEMENTO REALIZADOS EN LA PROPIA OBRA.
- LAS LONGITUDES DE ANCLAJE SE AUMENTARAN 10Ø RESPECTO A LAS DEFINIDAS PARA CARGAS ESTATICAS.
- VER CUADRO DE MATERIALES Y NIVELES DE CONTROL EN HOJA N° 1.

CÓDIGO:	2.7.1.2
DIBUJADO:	TEDASO S.L.
REVISADO:	F. MARTÍNEZ
FECHA:	OCTUBRE 2007
Nº REVIS.:	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCSA
Una Empresa AEDOM
Intef
INTEF

Ing. Autor del Proyecto:
[Firma]
Dña. NURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
[Firma]
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

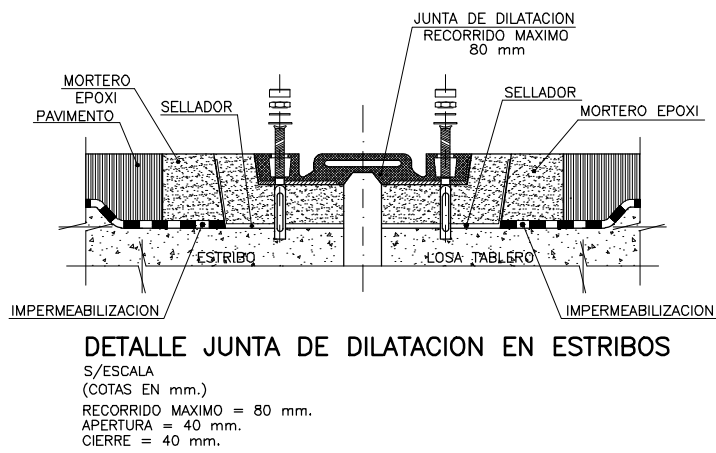
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

Nº PLANO:
2.7.1.2
HOJA 19 DE 29

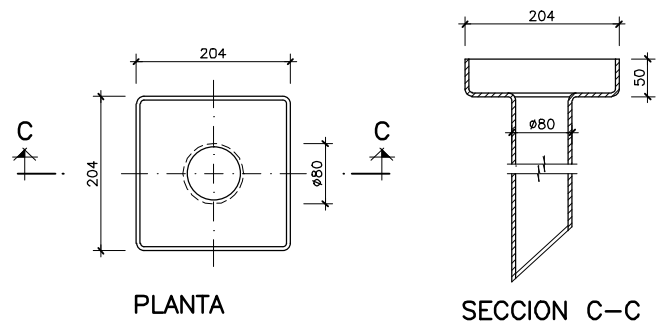
DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
TABLERO. ARMADURAS (II)

FECHA:
ENERO 2015



DETALLE JUNTA DE DILATACION EN ESTRIBOS

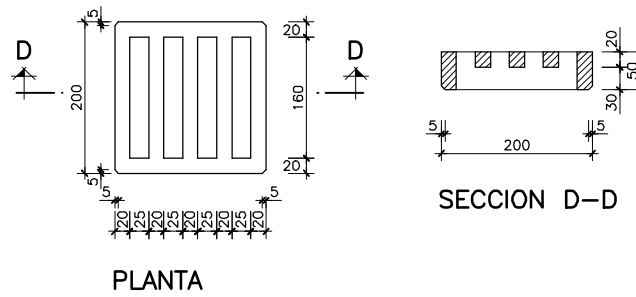
S/ESCALA
(COTAS EN mm.)
RECORRIDO MAXIMO = 80 mm.
APERTURA = 40 mm.
CIERRE = 40 mm.



PLANTA

SECCION C-C

SUMIDERO
ESCALA 1:5
(COTAS EN mm.)

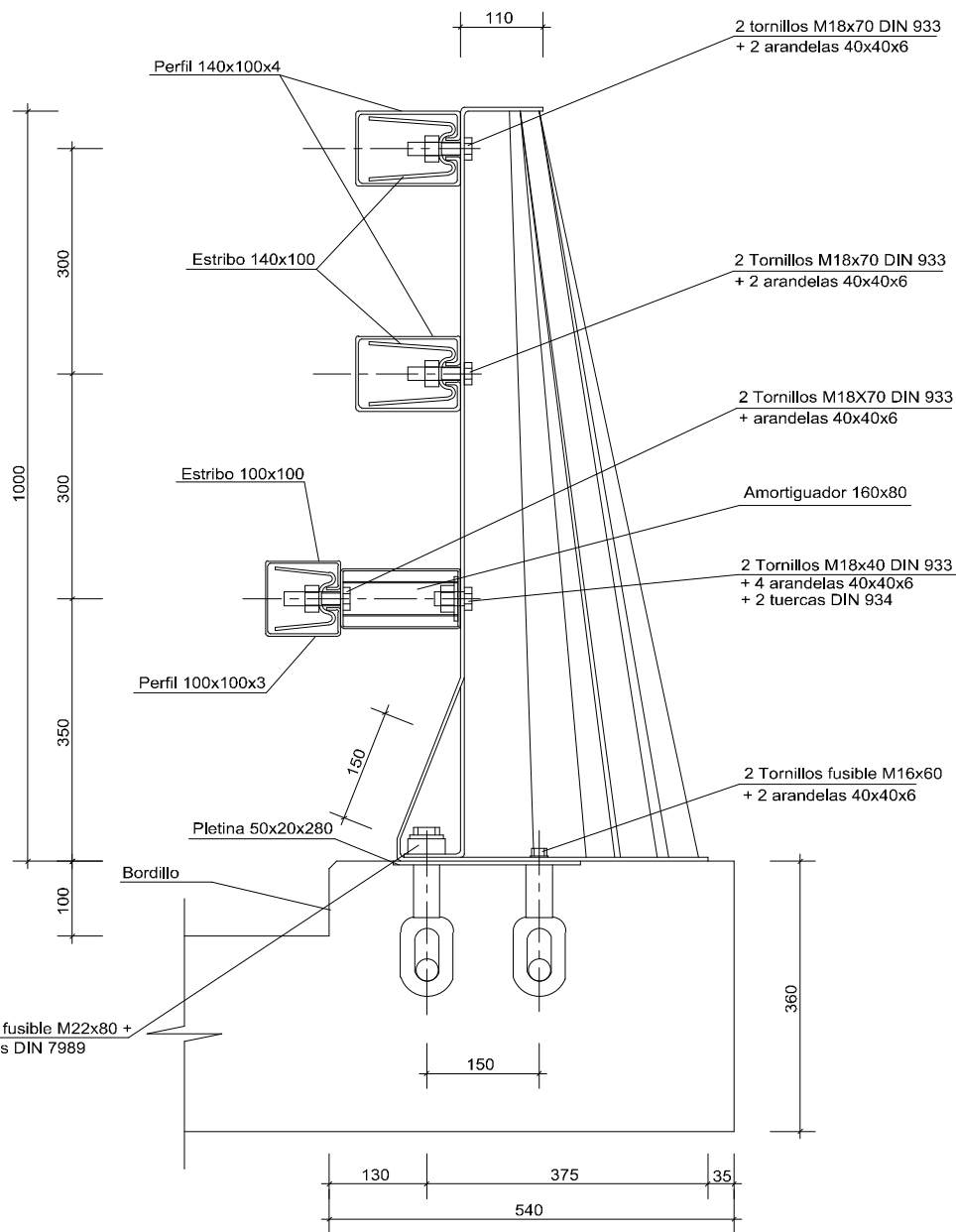


PLANTA

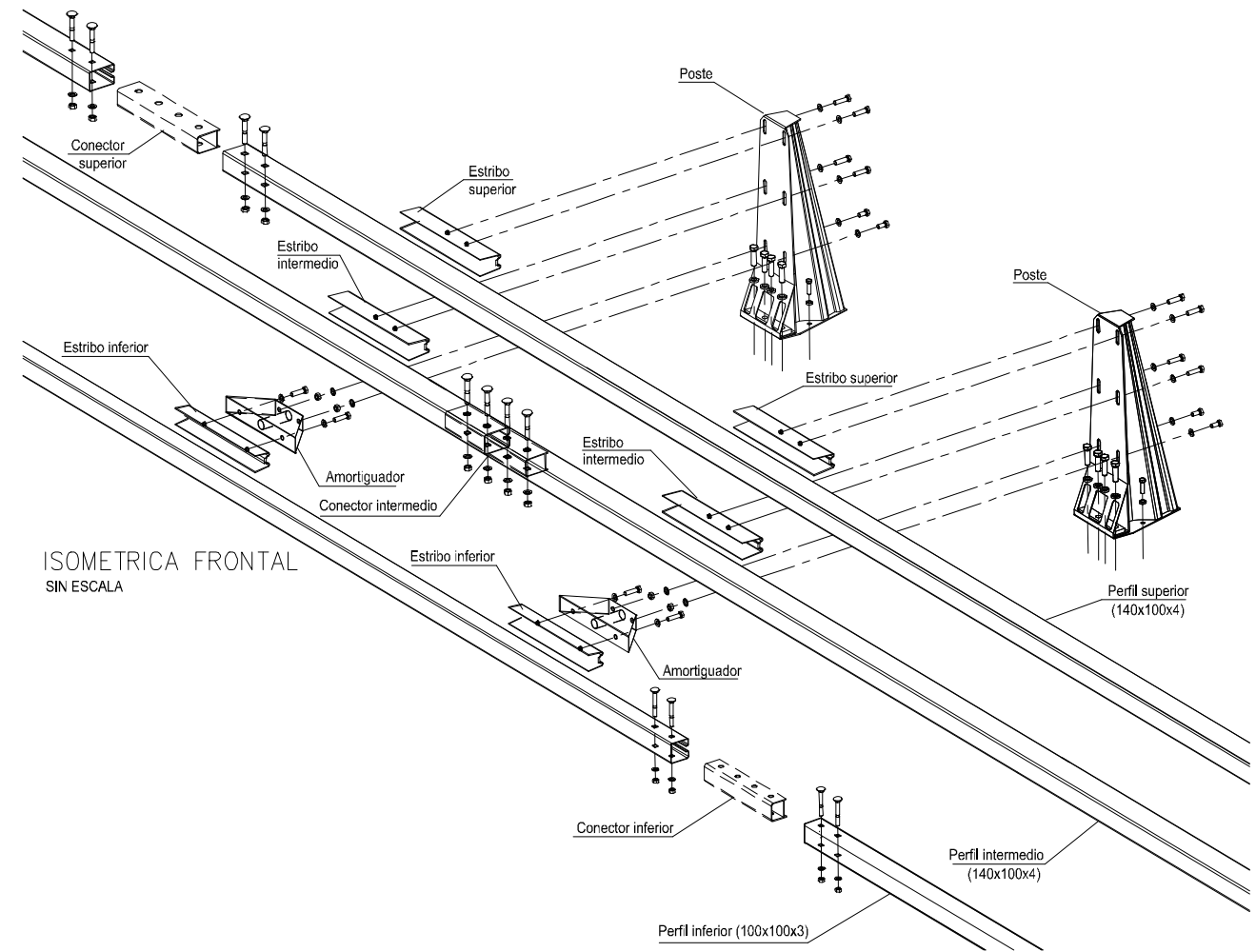
SECCION D-D

REJILLA
ESCALA 1:5
(COTAS EN mm.)

CÓDIGO:	2.7.1.2	DIBUJADO:	TEDASO S.L.	REVISADO:	F. MARTINEZ	FECHA:	OCTUBRE 2007	Nº REVIS.:	00
---------	---------	-----------	-------------	-----------	-------------	--------	--------------	------------	----



ALZADO LATERAL
ESCALA 1:5



ISOMETRICA FRONTAL
SIN ESCALA

HORMIGÓN LOSA: HA-25
ACERO ARMADURAS: B 500 SD
ACEROS DE CALIDAD S 355 JR, S 275 JR Y S 235 JR
(UNE EN 10025) Y E 220 SEGÚN COMPONENTES

TRATAMIENTO ANTICORROSIÓN: GALVANIZADO EN CALIENTE POR INMERSIÓN (SEGÚN UNE EN ISO 1461)

COTAS EN mm
TOLERANCIA: $\pm 2\%$
TOLERANCIA ESPESOR: (- 0.5, + 0.50)
TOLERANCIA SOLDADURA: (- 1.2; + 0.50)

CÓDIGO:	Nº REVIS.:
2.7.1.2	00
DIBUJADO:	FECHA:
TEDASO S.L.	OCTUBRE 2007
REVISADO:	
F. MARTÍNEZ	



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:
INOCSA
Una Empresa AEDOM
Intef
INTEF

Ing. Autor del Proyecto:
[Firma]
Dña. NURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:
[Firma]
D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO

ESCALAS:
INDICADAS
ORIGINAL EN A-1
GRÁFICAS

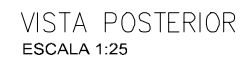
TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

CLAVE:
43-GR-3740.A

Nº PLANO:
2.7.1.2
HOJA 21 DE 29

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
DETALLES (II)

FECHA:
ENERO 2015



COTAS EN mm

TOLERANCIA: (- 0.50; + 0.50)

	CÓDIGO:	DIBUJADO:	REVISADO:	FECHA:	Nº REVIS.: :
	2.7.1.2	TEDASO S.L.	F. MARTINEZ	OCTUBRE 2007	00



SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTES Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO
ANDALUCÍA ORIENTAL

CONSULTOR:

INOCESA
Una Empresa AECOM



Ing. Autor del Proyecto:
Dña. NURIA VÁZQUEZ FUSTES

Ing. Director del Proyecto:



D. FRANCISCO GONZALEZ BUENO

ESCALAS:

INDICADAS

ORIGINAL EN A-1

GRÁFICAS

TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

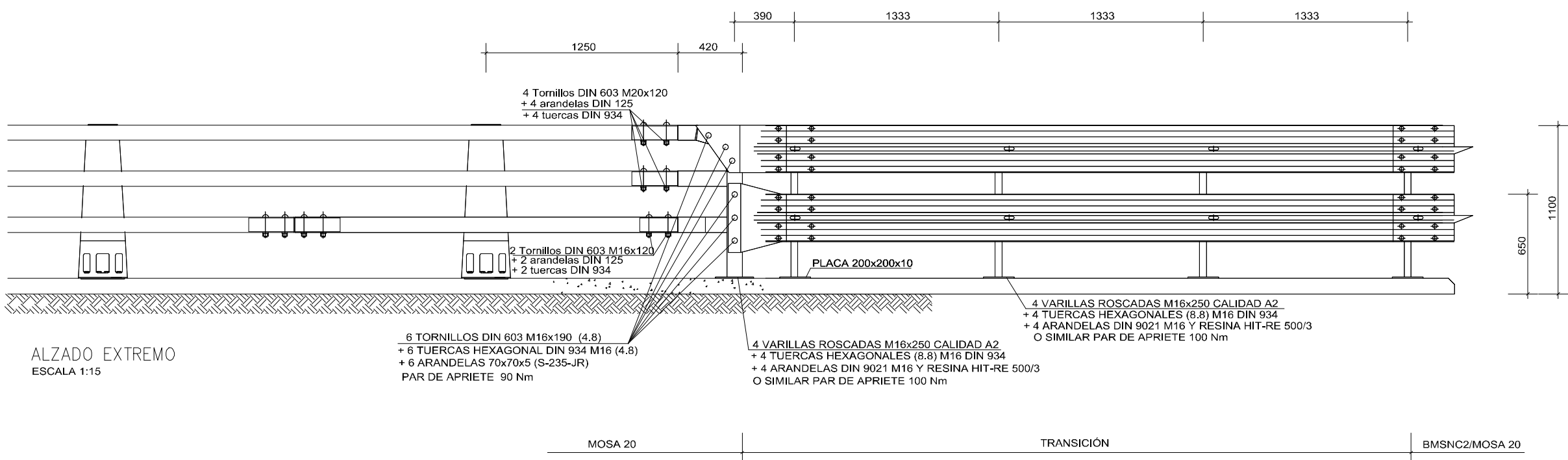
CLAVE:	43-GR-3740.A
--------	--------------

Nº PLANO:	2.7.1.2
HOJA	22 DE 29

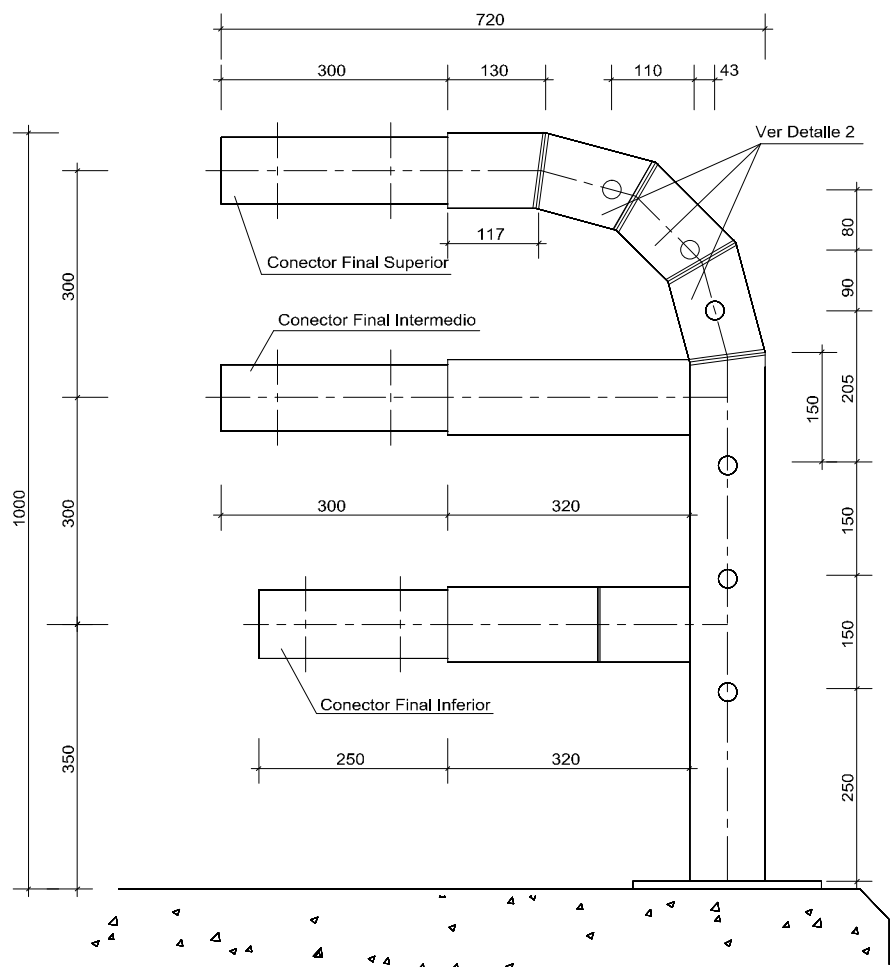
DESIGNACIÓN DEL PLANO:	FEC
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES	
DETALLES (III)	E

FECHA:

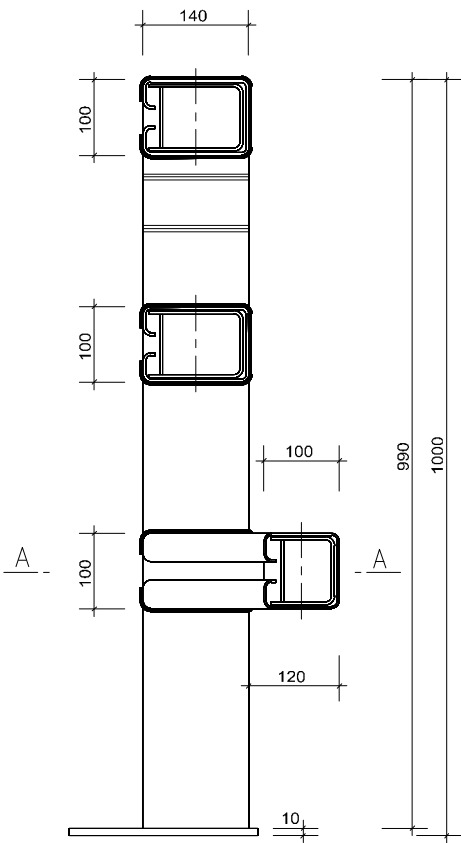
ENERO 2015



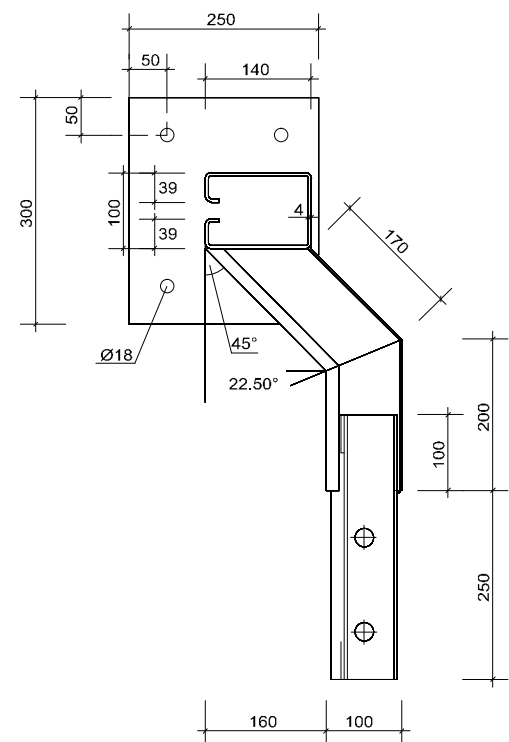
ALZADO EXTREMO
ESCALA 1:15



DETALLE 1
ESCALA 1:5



SECCIÓN A - A
ESCALA 1:5



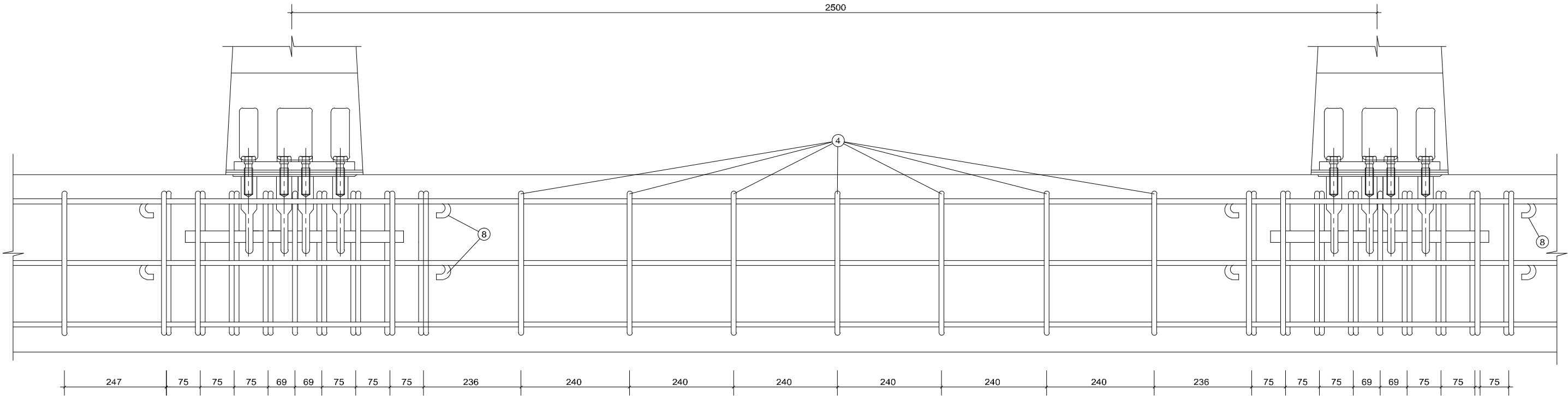
DETALLE 2
ESCALA 1:5

HORMIGÓN LOSA: HA-25
ACERO ARMADURAS: B 500 SD
ACEROS DE CALIDAD S 355 JR, S 275 JR Y S 235 JR
(UNE EN 10025) Y E 220 SEGÚN COMPONENTES

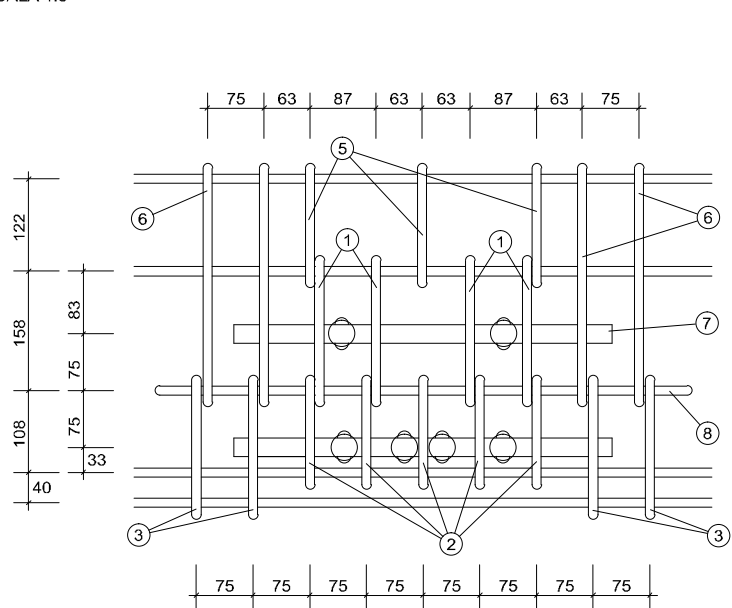
TRATAMIENTO ANTICORROSIÓN: GALVANIZADO EN CALIENTE POR INMERSIÓN (SEGÚN UNE EN ISO 1461)

COTAS EN mm
TOLERANCIA: (- 1; + 1)
TOLERANCIA ESPESOR: (- 0.5, + 0.50)
TOLERANCIA SOLDADURA: (- 1.2; + 0.50)

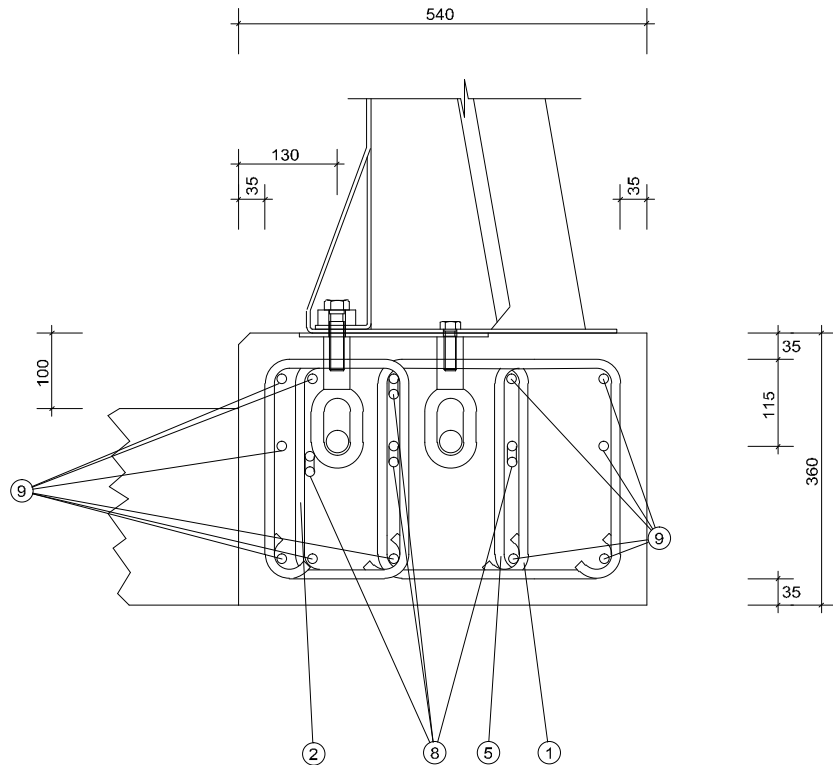
CÓDIGO:	Nº REVIS.:
2.7.1.2	00
DIBUJADO:	FECHA:
TEDASO S.L.	OCTUBRE 2007
REVISADO:	
F. MARTÍNEZ	



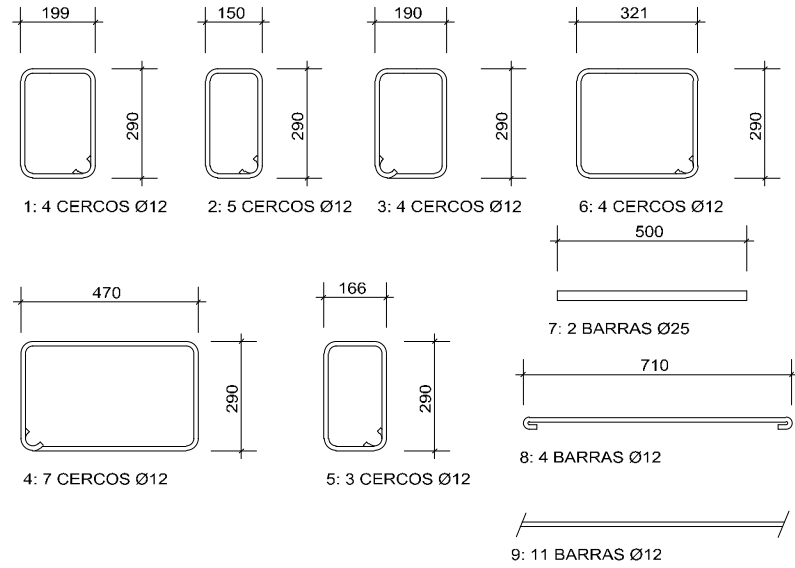
ARMADURA DE ANCLAJE (ALZADO)
ESCALA 1:5



DETALLE DE ARMADURA EN ANCLAJES. PLANTA
ESCALA 1:5



DETALLE DE ARMADURA EN ANCLAJES. SECCIÓN
ESCALA 1:5



DETALLE DE ARMADURA EN ANCLAJES. DESPIECE
ESCALA 1:10

HORMIGÓN LOSA: HA-25
ACERO ARMADURAS: B 500 SD
ACEROS DE CALIDAD S 355 JR, S 275 JR Y S 235 JR
(UNE EN 10025) Y E 220 SEGÚN COMPONENTES

TRATAMIENTO ANTICORROSIÓN: GALVANIZADO EN CALIENTE POR INMERSIÓN (SEGÚN UNE EN ISO 1461)

COTAS EN mm
TOLERANCIA: ± 2%

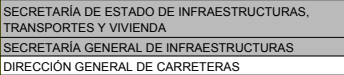
CÓDIGO:	2.7.1.2
DIBUJADO:	TEDASO S.L.
REVISADO:	F. MARTÍNEZ
FECHA:	OCTUBRE 2007
Nº REVIS.:	00

[illegible][illegible][illegible][illegible]

 MINISTERIO DE FOMENTO	SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTES Y VIVIENDA	DEMARCACIÓN DE CARRETERAS DEL ESTADO ANDALUCÍA ORIENTAL	CONSULTOR:	Ing. Autor del Proyecto:	Ing. Director del Proyecto:	ESCALAS:	TÍTULO DEL PROYECTO:	CLAVE:	Nº PLANO:	DESIGNACIÓN DEL PLANO:	FECHA:
	SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS		 			INDICADAS 	AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA. VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA. TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN	43-GR-3740.A	2.7.1.2	VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES DESPIECE DE ARMADURAS (I)	ENERO 2015
	DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS		Una Empresa AECOM	Dña. MARÍA VÁZQUEZ FUSTES	D. FRANCISCO GONZÁLEZ BUENO	ORIGINAL EN A-1			HOJA 25 DE 29		

[illegible][illegible][illegible][illegible]

CÓDIGO:	DIBUJADO:	REVISADO:	FECHA:	Nº REVIS.:
2.7.1.2	TEDASO S.L.	F. MARTINEZ	OCTUBRE 2007	00



CONSULTOR:

INOCSA
Una Empresa AECOM


INGENIERIA DE PROYECTOS
E INGENIERIA S.A.

Ing. Director del Proyecto:



D. FRANCISCO GONZALEZ BUENO

TÍTULO DEL PROYECTO:
AUTOVÍA A-44 DE SIERRA NEVADA.
VARIANTE EXTERIOR DE GRANADA.
TRAMO: LAS GABIAS (ENLACE CON A-338) - ALHENDÍN

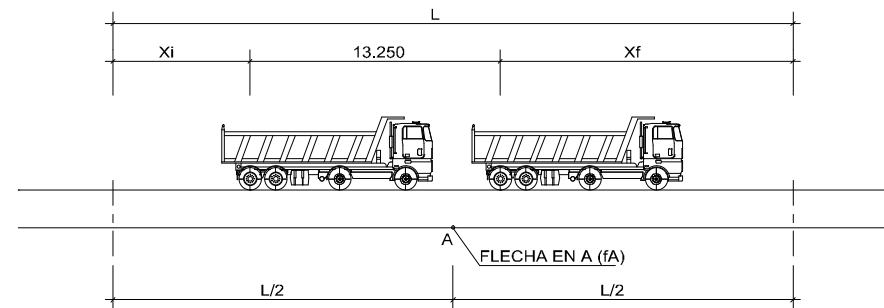
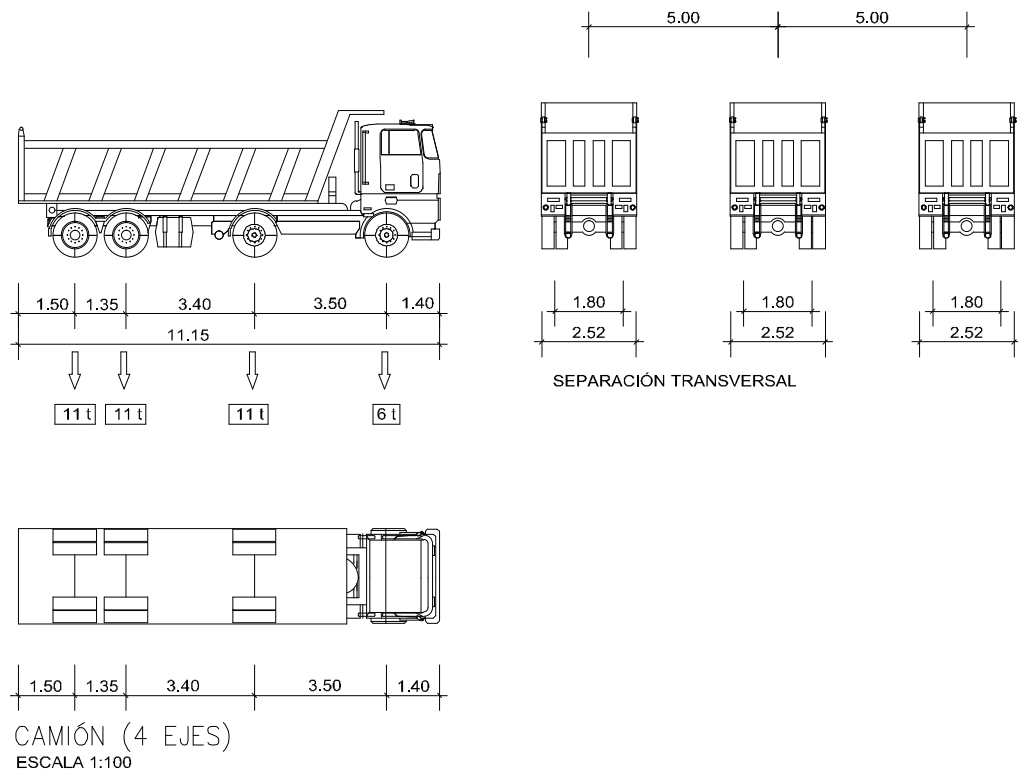
Nº PLANO: 2.7.1.2

HOJA 26 DE 29

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
VIADUCTO BARRANCO DE LOS BARRANCONES
DESPIECE DE ARMADURAS (II)

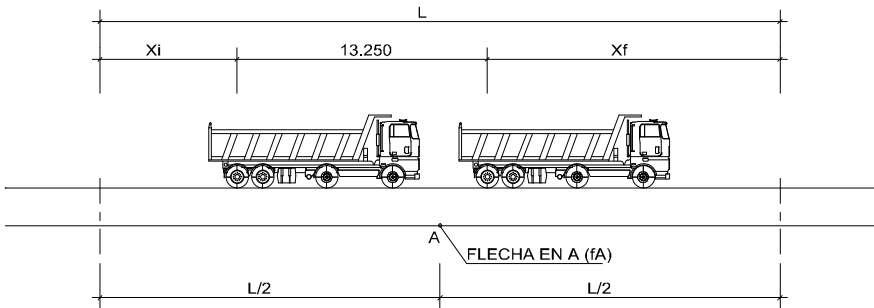
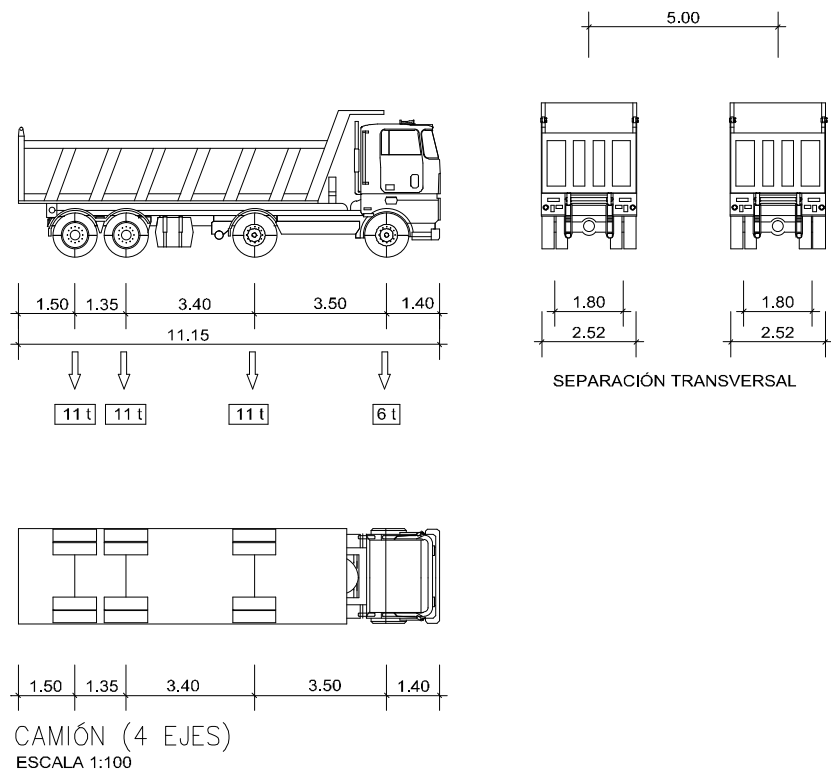
ENERO 2015

CÓDIGO:	2.7.1.2	DIBUJADO:	TEDASO S.L.	REVISADO:	F. MARTÍNEZ	FECHA:	OCTUBRE 2007	Nº REVIS.:	00
---------	---------	-----------	-------------	-----------	-------------	--------	--------------	------------	----



PRUEBA	VANO	L	Xi	Xf	fA (mm)
2	1 C.I.	36.00	7.250	15.500	10.3

CÓDIGO:	2.7.1.2	DIBUJADO:	TEDASO S.L.	REVISADO:	F. MARTÍNEZ	FECHA:	OCTUBRE 2007	Nº REVIS.:	00
---------	---------	-----------	-------------	-----------	-------------	--------	--------------	------------	----



PRUEBAS DE CARGA EN VANOS INDEPENDIENTES
ESCALA 1:200

PRUEBA	VANO	L	Xi	Xf	fA (mm)
1	1 C.D.	36.00	7.250	15.500	9.7

ANEXO III: Reporte de planificación en NavisWorks®

Clashes

Report Batch

Prueba 1 Clash

Tolerance: 0.001m Total: 7 Nuevo: 7 Activo: 0 Revisado: 0 Aprobado: 0 Resuelto: 0 Tipo: Estático Estado: Aceptar ----

Nombre: Conflicto1 Distancia: -0.053m Image Location: Prueba 1_files\cd000001.jpg Estático Estado: Nuevo Punto de conflicto:
-43.077m, 10.506m, 740.875m Ubicación de rejilla: B-3 : 01_TERRENO Fecha de creación: 2019/6/1811:08

Item 1 ID de elemento: 467503 Capa: 03_CIMENTACIÓN PLANTA Elemento Nombre: Material de renderización 255-255-255 Elemento
Tipo: Sólido

Item 2 ID de elemento: 435907 Capa: PARTE SUPERIOR VIGAS Elemento Nombre: Hormigón - Hormigón prefabricado Elemento
Tipo: Sólido -----

Nombre: Conflicto2 Distancia: -0.028m Image Location: Prueba 1_files\cd000002.jpg Estático Estado: Nuevo Punto de conflicto:
-43.103m, -2.852m, 740.839m Ubicación de rejilla: B-8 : 01_TERRENO Fecha de creación: 2019/6/1811:08

Item 1 ID de elemento: 467503 Capa: 03_CIMENTACIÓN PLANTA Elemento Nombre: Material de renderización 255-255-255 Elemento
Tipo: Sólido

Item 2 ID de elemento: 440783 Capa: PARTE SUPERIOR VIGAS Elemento Nombre: Hormigón - Hormigón prefabricado Elemento
Tipo: Sólido -----

Nombre: Conflicto3 Distancia: -0.028m Image Location: Prueba 1_files\cd000003.jpg Estático Estado: Nuevo Punto de conflicto:
-43.103m, 1.896m, 741.522m Ubicación de rejilla: B-4 : 01_TERRENO Fecha de creación: 2019/6/1811:08

Item 1 ID de elemento: 467503 Capa: 03_CIMENTACIÓN PLANTA Elemento Nombre: Material de renderización 255-255-255 Elemento
Tipo: Sólido

Item 2 ID de elemento: 440714 Capa: PARTE SUPERIOR VIGAS Elemento Nombre: Hormigón - Hormigón prefabricado Elemento
Tipo: Sólido -----

Nombre: Conflicto4 Distancia: -0.025m Image Location: Prueba 1_files\cd000004.jpg Estático Estado: Nuevo Punto de conflicto:
-6.073m, 30.314m, 739.026m Ubicación de rejilla: A-1 : 01_TERRENO Fecha de creación: 2019/6/1811:08

Item 1 ID de elemento: 462715 Capa: 03_CIMENTACIÓN PLANTA Elemento Nombre: Material de renderización 255-255-255 Elemento
Tipo: Sólido

Item 2 ID de elemento: 441624 Capa: PARTE SUPERIOR VIGAS Elemento Nombre: Hormigón - Hormigón prefabricado Elemento
Tipo: Sólido -----

Nombre: Conflicto5 Distancia: -0.025m Image Location: Prueba 1_files\cd000005.jpg Estático Estado: Nuevo Punto de conflicto:
-6.073m, 24.564m, 739.405m Ubicación de rejilla: A-2 : 01_TERRENO Fecha de creación: 2019/6/1811:08

Proyecto de construcción "Viaducto de hormigo pretensado en autovía de sierra nevada A-44 variante exterior de Granada"
utilizando la tecnología BIM para el dimensionado y el control de ejecución.

Item 1 ID de elemento: 462715 Capa: 03_CIMENTACIÓN PLANTA Elemento Nombre: Material de renderización 255-255-255 Elemento
Tipo: Sólido

Item 2 ID de elemento: 441501 Capa: PARTE SUPERIOR VIGAS Elemento Nombre: Hormigón - Hormigón prefabricado Elemento
Tipo: Sólido -----

Nombre: Conflicto6 Distancia: -0.003m Image Location:Prueba 1_files\cd000006.jpg EstáticoEstado: Nuevo Punto de conflicto:
-43.073m, 21.804m, 740.933m Ubicación de rejilla: B-2 : 01_TERRENO Fecha de creación: 2019/6/1811:08

Item 1 ID de elemento: 467842 Capa: 03_CIMENTACIÓN PLANTA Elemento Nombre: Material de renderización 255-255-255 Elemento
Tipo: Sólido

Item 2 ID de elemento: 441501 Capa: PARTE SUPERIOR VIGAS Elemento Nombre: Hormigón - Hormigón prefabricado Elemento
Tipo: Sólido -----

Nombre: Conflicto7 Distancia: -0.003m Image Location:Prueba 1_files\cd000007.jpg EstáticoEstado: Nuevo Punto de conflicto:
-43.073m, 27.510m, 740.587m Ubicación de rejilla: B-1 : 01_TERRENO Fecha de creación: 2019/6/1811:08

Item 1 ID de elemento: 467842 Capa: 03_CIMENTACIÓN PLANTA Elemento Nombre: Material de renderización 255-255-255 Elemento
Tipo: Sólido

Item 2 ID de elemento: 441624 Capa: PARTE SUPERIOR VIGAS Elemento Nombre: Hormigón - Hormigón prefabricado Elemento
Tipo: Sólido

TIME LINE -----

Activo Nombre Anidación de tareas Fechas reales activadas Inicio real Finalización real Fechas planeadas activadas Inicio planeado Fin planeado Tipo
de tarea Enlazado Secuencia Origen de datos ID de sincronización ID de visualización Animación Comportamiento de animación % progreso
proporcionado Comentarios Coste de material Coste de mano de obra Coste de equipos Coste de subcontratación Usuario 1 Usuario 2 Usuario 3
Usuario 4 Usuario 5 Usuario 6 Usuario 7 Usuario 8 Usuario 9 Usuario 10

1 "Movimeto de Tierras " 0 1 1 24/06/2019 9:00:00 07/07/2019 17:00:00 Construcción "Conjuntos->Movimeto de Tierras " Escala "0 0%" 0 "0
000000" "0 000000" "0 000000" "0 000000"

1 Cimentación y Estribos 0 1 1 08/07/2019 9:00:00 28/07/2019 17:00:00 Construcción Conjuntos->Cimentación y Estribos Escala "0 0%" 0 "0
000000" "0 000000" "0 000000" "0 000000"

1 Colocación de Vigas pretensadas 0 1 1 29/07/2019 9:00:00 31/07/2019 17:00:00 Construcción Conjuntos->Colocación de Vigas pretensadas
Escala "0 0%" 0 "0 000000" "0 000000" "0 000000" "0 000000"

1 Colocación de Tablero 0 1 1 01/08/2019 9:00:00 11/08/2019 17:00:00 Construcción Conjuntos->Colocación de Tablero Escala "0 0%" 0 "0
000000" "0 000000" "0 000000" "0 000000"

1 Colocación de Protecciones Laterales 0 1 1 12/08/2019 9:00:00 15/08/2019 17:00:00 Construcción Conjuntos->Colocación de Protecciones
Laterales Escala "0 0%" 0 "0 000000" "0 000000" "0 000000" "0 000000"

ANEXO IV: Diagrama de carpetas y contenidos asociados al estudio técnico.

Listado de rutas de carpetas

El número de serie del volumen es 96C9-BD28

C:\USERS\JROBL\GOOGLE DRIVE\JUAN ROBLEDILLO BIM

| 01_ Memoria.docx

| 02_Referencias Bibliograficas.docx

| 03_Referencias Tablas e Imagenes .docx

| TFG Juan Robledillo.pdf

+---00_DATOS DE PARTIDA

| +---00_Información de Partida

| | 01_Planos estructura.pdf

| | \---Planos de Proyecto

| | ANEJO SII.zip

| | ANEJO SIII.zip

| | Memoria y Anexos I.zip

| | Ortofotos.zip

| | Planos.zip

| | Pliego cláusulas administrativas.pdf

| | Pliego de prescripciones técnicas.pdf

| | PPREESS.zip

| | SEITT.zip

| | Separatas.zip

| | URL información de partida.txt

| | Vuelo.zip

| +---01_Descargas

| | PNOA_2014_AND-NE_440-4104_ORT-CLA-COL.laz

| +---02_Modelado

| | METAESA-META13-esquema-e1443436897667.jpg

| \---03_Documentación aux

| | Introducción a la Tecnología BIM.pdf

| | plan especial vega de granada.pdf

+---01_DESCARGAS

| \---01_LIDAR

| | PNOA_2014_AND-NE_440-4108_ORT-CLA-COL.CSV

| | PNOA_2014_AND-NE_440-4108_ORT-CLA-COL.las

| | PNOA_2014_AND-NE_440-4108_ORT-CLA-COL.laz

| | PNOA_2014_AND-NE_440-4108_ORT-CLA-COL.pod

+---02_ARCHIVOS GENERADOS

| +---01_RECAP PRO

| | AutodeskReCap.log

| | PUNTOS LIDAR TERRENO COLOR.CSV

| | PUNTOS LIDAR TERRENO SIN COLOR.CSV

| | Puntos sin asignar.rcp

| | \---Puntos sin asignar Support

| | | Puntos sin asignar.rcp.bk1

| | | Puntos sin asignar.rcs

| | \---Temporary Cache Files

| +---02_INFRAWORKS

| | TERRENO.mtl

| | TERRENO.obj

| | TERRENO.pos

| | TOPOGRAFIA viaducto barranco de los barrancones ii.sqlite

| +---03_CIVIL 3D

| | 01_SUP_TOPOGRAFICA.dwg

| | 02_CURVAS DE NIVEL 3D.dwg

| | 03_SUP_TOPOGRAFICA Modificada.dwg

04_SUP_TOPOGRUFICA Modificada CURVAS DE NIVEL 3D.dwg

+---04_REVIT

+---01_Familias Revit

A1 m,trico.rfa

+---01_Vigas de hormigón pretensado

HP50_b20 seccion viga.dwg

Vigas HP-50B20lib.rfa

+---02_Estribos estructurales

Estribo estructural 1_E1.rfa

Estribo estructural 1_E2.rfa

Estribo estructural 2_E1.rfa

Estribo estructural 2_E2.rfa

Generación de Estribos 1 3D 2.dwg

Generación de Estribos 1 3D.dwg

Generación de Estribos 2 3D 2.dwg

Generación de Estribos 2 3D.dwg

Generación muro pantalla estribo 1 3D.dwg

Generación muro pantalla estribo 2 3D.dwg

MURO estructural_E1.rfa

MURO estructural_E2.rfa

+---03_Apoyos de Neopreno

01_Apoyo de neopreno 1.rfa

01_Apoyo de neopreno 2.rfa

01_Apoyo de neopreno 3.rfa

Apoyo 1.dwg

Apoyo 2.dwg

Apoyo 3.dwg

+---04_Tablero de hormigón armado

01_Tablero Derecho.rfa

01_Tablero Izquierdo.rfa

Tablero Derecho.dwg

Tablero Izquierdo.dwg

\---05_Baranda de viaducto

01_BALAUSTR.rfa

01_PRETIL GALVANIZADO.dwg

+---02_Topografia

01_TOPOGRAFIA.rvt

+---03_Inserción armaduras

01_Insercion armaduras.0009.rvt

+---04_Inserción de estribos

01_Insercion de estribos.rvt

02_Armado de estribos.rvt

+---05_Inserción de Tablero de Hormigón armado

01_Insercion de tablero de hormigón armado.rvt

+---06_Inserción Baranda y Protecciones

01_Insercion de baranda y protecciones.rvt

02_Insercion de baranda y protecciones.rvt

+---07_Movimiento de Tierras

01_Movimiento de Tierras.nwc

01_Movimiento de Tierras.rvt

\---08_Análisis Estructural

01_Análisis estructural b sico.rvt

```
| |
| +---05_ROBOT
| |   01_Analisis estructural.rtd
| |
| \---06_NAVISWORKS
| |   01_Movimiento de Tierras.nwc
| |   01_Movimiento de Tierras.nwf
| |   Prueba 1.txt
| |   TIME LINE.csv
| |
| |   \---Prueba 1_files
| |       cd000001.jpg
| |       cd000002.jpg
| |       cd000003.jpg
| |       cd000004.jpg
| |       cd000005.jpg
| |       cd000006.jpg
| |       cd000007.jpg
|
| +---03_DOC. ENTREGA PDF (FIRMAR POR JOS MANUEL)
| |   02_Memoria_180619.pdf
| |   P03_autorizacion publicacion abierto (TAUJA) Formulario_aprobadoCG23062014.pdf
| |   VISTO BUENO FIRMA.pdf
|
| \---04_ANEXOS PDF
| |   ANEXO 4.docx
| |   ANEXO 4.pdf
```