



**Escola de Camins**  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

Ventajas de la digitalización en la  
planificación de obras: cuarta  
dimensión de BIM

**Trabajo realizado por:**

**Maria Antònia Tarancon Melià**

**Dirigido por:**

**Ignasi Valero López**

**Francisco Javier Mora Serrano**

**Grado en:**

**Ingeniería Civil**

Barcelona, **septiembre 2019**

Departamento de Ingeniería Civil y Amb

**TRABAJO FINAL DE GRADO**



## RESUMEN

El objetivo de este Proyecto se centra en la planificación de obra, en concreto, se trata de realizar una comparativa de metodologías de planificación; por un lado, la “clásica” o generalmente utilizada y en la que se planifican casi todos los proyectos hasta el día de hoy, por el otro lado, la planificación mediante el software BIM 4D, novedosa, poco conocida, el futuro de la construcción.

En este proyecto se estudian las diferentes metodologías utilizadas, sus propiedades, se ha entrevistado a profesionales del sector quienes nos han explicado su experiencia y dado su punto de vista práctico; también se analizan los diferentes softwares 4D, sus ventajas e inconvenientes y las diferencias entre ellos. Finalmente se ha realizado un caso práctico: un proyecto en el que se planifica con ambas metodologías, con los softwares Microsoft Project y Synchro comparando ambos softwares como herramientas en sí, aplicándolas a nuestro caso “La rotonda” y cuatro variantes de ella, realizando observaciones de las que obtenemos conclusiones sobre el avance del BIM, en este caso el BIM 4D en la construcción para así reflexionar sobre la mejora o el camino que debería seguir este campo.

**Palabras clave:** *BIM, BIM4D, Gestión de proyectos, Gantt, planificación, programación, Microsoft Project, Synchro.*

## ABSTRACT

The objective of this Project is to focus on the planning of construction projects, in particular, to make a comparison of planning methodologies; on the one hand, the "classical" or the generally used, which is the one with which nowadays most projects are planned with, and on the other hand, using BIM 4D software, new and unknown, the future of the construction.

In this project we study the different methodologies used, their properties, we have interviewed professionals from the sector who explain their experience and give their point of view. The different 4D software are also analysed, their advantages, disadvantages and the differences between them. Finally, a practical case has been made: a project in which both methodologies are used for planning, with the Microsoft Project and Synchro softwares comparing them both as tools, and applying them to our "roundabout" case and four variations of it, making observations from which we draw conclusions on the BIM progress, in this case BIM 4D in the construction, and thus reflect on the improvement or the path that this field should follow.

**Keywords:** *BIM, BIM4D, Project Management, Gantt, planning, programming, Microsoft Project, Synchro*

AGRADECIMIENTOS

“Als meus tutors Ignasi Valero i Javier Mora per guiar-me en aquest projecte amb el qual he pogut indagar en aquest món de la metodologia BIM i que m’ha obert els ulls.”

“A la meva família per confiar en mi, fer que el procés fos acompanyat i no deixar que defalleixi.”

“A l’Alba Rodríguez, a la Júlia Masagué i al Marc Urtasun per fer aquest llarg camí amb mi i ser el meu suport incondicional”.

“Al Guillermo Solina per estar al meu costat durant aquest any quan tot es complicava.”

“Gràcies”

<b>RESUMEN</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y FIGURAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>0</b>
1.1. MOTIVACIÓN PERSONAL .....	1
1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	3
<b>CAPÍTULO II. PLANIFICACIÓN DE OBRA</b> .....	<b>4</b>
2.1 ¿EN QUÉ CONSISTE LA PLANIFICACIÓN? .....	5
2.2 METODOLOGÍAS DE PLANIFICACIÓN .....	9
2.2.1 <i>Actividades Aisladas</i> .....	10
2.2.2 <i>Redes de Actividades</i> .....	12
2.2.3. <i>Actividades de Nudos</i> .....	18
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA ACTUAL DE LA PLANIFICACIÓN DE OBRA</b> .....	<b>23</b>
3.1. PLANIFICACIÓN EN OBRA .....	24
3.2. SOFTWARES.....	29
<b>CAPÍTULO IV. BIM 4D</b> .....	<b>30</b>
4.1. CONCEPTO BIM.....	31
4.2. OPEN BIM .....	32
4.3. BIM Y PLANIFICACIÓN: BIM 4D .....	33
4.4. LAS VENTAJAS DEL BIM 4D .....	34
4.5. HOLLYWOOD BIM .....	35
4.6. SOFTWARE BIM 4D.....	36
4.6.1. <i>Navisworks</i> .....	37
4.6.2. <i>Synchro</i> .....	37
4.6.3. <i>Vico Office</i> .....	38
4.7. NAVISWORKS VS SYNCHRO.....	39
<b>CAPÍTULO V. CASO PRÁCTICO</b> .....	<b>41</b>
5.1. CONTEXTO .....	42
5.1.1 <i>Proyecto de rotonda</i> .....	43
5.2. PROGRAMACIÓN Y RECURSOS. ....	44
5.3 CASO BASE.....	52
5.3.1 <i>Microsoft Project</i> .....	52
5.3.1.1. La rotonda en Microsoft Project.....	54
5.3.2 <i>Synchro</i> .....	56
5.3.1.2. La Rotonda en Synchro .....	65
5.4. CAMBIOS EN LA PLANIFICACIÓN.....	70
5.4.1 <i>Resultados de las nuevas planificaciones</i> .....	71
5.4.1.1. Microsoft Project.....	71



---

5.4.1.2. Synchro .....	79
5.5. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE SOFTWARES.....	84
<b>CAPÍTULO 6. GUÍA PRACTICA PARA HACER LA TRANSICIÓN AL BIM .....</b>	<b>90</b>
6.1. RAZONES PARA TRANSICIÓN .....	91
6.2. GUÍA PASO A PASO A PASO .....	92
<b>CAPÍTULO 7. REFLEXIONES Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>93</b>
7.1. REFLEXIONES .....	94
7.2 CONCLUSIONES .....	96
7.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	98
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEJOS .....</b>	<b>105</b>
ACADEMIA SYNCHRO .....	106
ENTREVISTAS A PROFESIONALES DEL SECTOR.....	107
INFORMES DE PLANIFICACIÓN .....	116

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y FIGURAS

Figure 1: Comparativa del porcentaje de la inversión y número, respecto al valor total acumulado, de licitaciones públicas con requisitos BIM durante el periodo 2017-19(1er semestre) (Fuente:(1)).....2

Figure 2:Desglose anual del número e inversión en las licitaciones públicas con requisitos BIM. (1)).....2

Figure 3:Esquema de clasificación de metodologías (Elaboración propia). .....9

Figure 4:Funcionamiento del CPM (Elaboración propia) ..... 13

Figure 5:Metodología CPM (Elaboración propia).....14

Figure 6:Ejemplo de planificación con metodología de redes (Elaboración propia). .....17

Figure 7:Esquema ROY (Elaboración propia) .....18

Figure 8:Ejemplo del cálculo de diferentes desfases según la metodología ROY (Elaboración propia).....19

Figure 9: Esquema de Precedencias únicas (Elaboración propia).....20

Figure 10:Ejemplo de planificación con precedencias múltiples (Elaboración propia) ...23

Figure 11:Tabla comparativa de softwares 4D (Elaboración propia).....39

Figure 12:Grafico comparativo de propiedades de Synchro vs Navisworks [13].....41

Figure 13: Tabla de planificación de La Rotonda (Elaboración propia) .....52

Ilustración 1:Ejemplo de planificación con Synchro (Elaboración propia).....4

Ilustración 2:Fases de una planificación (Elaboración propia) .....6

Ilustración 3:Diagrama de Gantt simple (Elaboración propia con Microsoft Project)..... 11

Ilustración 4:Software utilizados actualmente (Elaboración propia). .....30

Ilustración 5:Ciclo de vida de un proyecto BIM .....31

Ilustración 6:BIM data today and tomorrow (6).....32

Ilustración 7:Ejemplo de planificación de NavisWorks (Elaboración propia.).....37

Ilustración 8:Ejemplo de planificación de Synchro (Elaboración propia) .....38

Ilustración 9:La rotonda (Elaboración propia) .....43

Ilustración 10:Equipo 1, Equipo 2 (Fuente:(11)).....44

Ilustración 11:Caseta de obra, aseos, medidas de seguridad y salud (Fuente:(11)).....44

Ilustración 12:Camión Dumper 1, Camión Dumper 2 (Fuente:(11)) .....45

Ilustración 13:Retroexcavadora (Fuente:(11)).....45

Ilustración 14:Bulldozer 1, Bulldozer 2 (Fuente:(11)) .....45

Ilustración 15:Pala Cargadora (Fuente:(11)) .....45

Ilustración 16:Motoniveladora (Fuente:(11)) .....46

Ilustración 17:Escarificadora (Fuente:(11)).....46

Ilustración 18:Compactadora (Fuente:(11)) .....46

Ilustración 19:Apisonadora (Fuente:(11)) .....46

Ilustración 20:Camión de reparto de áridos (Fuente:(11)) .....47

Ilustración 21:Camión de emulsión Bituminosa (Fuente:(11)) .....47

Ilustración 22:Camión de riego de imprimación (Fuente:(11)).....47

Ilustración 23:Hormigonera (Fuente:(11)) .....47



---

Ilustración 24:Ejemplo de informe, Visión general de los recursos, caso BASE (Elaboración propia) .....	54
Ilustración 25:Planificación del caso práctico con Microsoft Project (Elaboración propia) .....	55
Ilustración 26:Ejemplo de comparación de programaciones con Synchro, en el diagrama de Gantt en azul programación original (Elaboración propia) .....	58
Ilustración 27:Listado de recursos del proyecto y algunas de sus propiedades,.....	59
Ilustración 28:Perfiles de apariencia de los recursos 3D de Synchro [14] .....	59
Ilustración 29:Actividad de compactada señalada en amarillo en la programación y a la izquierda listado de recursos indicando en amarillo los vinculado a la actividad (Elaboración propia) .....	60
Ilustración 30:Ejemplo de los vínculos del modelo 3D con la programación (Elaboración propia).....	62
Ilustración 31:Programación caso "rotonda" software Synchro (Elaboración propia).....	65
Ilustración 32:Imágenes ilustrativas de las zonas de la rotonda; imagen de la izquierda zona 1 en fucia, zona 2, imagen de la izquierda zona 1,2,3,4, y 5 de la explanada y pavimento (Elaboración propia) .....	66
Ilustración 33:REcreación 3D de la planificación a día 22/11/2019 (Elaboración propia) .....	67
Ilustración 34:En diferentes colores, rutas o "paths" de toda la maquinaria del proyecto (Elaboración propia) .....	67
Ilustración 35:Visualización de informe 3D a día 22/11/2019 con detalle de la red de drenaje, se observan dos perspectivas del mismo informe (Elaboración propia).....	68
Ilustración 36:Secuencia de imágenes de la recreación 4D de la ejecución de La Rotonda (Elaboración propia) .....	69
Ilustración 37:Planificación caso "tuberías", en rojo columna de holguras, sin que la obra haya avanzado, ruta crítica en rojo (Elaboración propia).....	72
Ilustración 38:Planificación caso "tuberías "a día 22/11/19, comparativa con la línea base (Elaboración propia). .....	72
Ilustración 39:Planificación caso lluvia, detalle demora en rojo subrayado (Elaboración propia).....	74
Ilustración 40:Planificación caso "lluvia "a día 22/11/19, comparativa con la línea base en detalle las actividades retrasadas debido a la demora (Elaboración propia).....	74
Ilustración 41:Planificación calidad, detalle de actividad añadida en rojo (Elaboración propia).....	76
Ilustración 42:Planificación caso "calidad "a día 22/11/19, comparativa con la línea base en azul la actividad añadida (Elaboración propia).....	76
Ilustración 43:Planificación caso PK, indicadas las actividades críticas (Elaboración propia).....	78
Ilustración 44: Planificación caso "PK "a día 22/11/19, comparativa con la línea base donde se observa la reducción del tiempo de la obra (Elaboración propia). .....	78
Ilustración 45:Caso "tuberías" Cambios en la planificación debido a la demora, en verde la nueva planificación, en azul la línea base y en rojo la ruta crítica (elaboración propia) .....	79
Ilustración 46:Comparativa de visiones 3D, a fecha de 22/11/19, a la derecha caso "tuberías" a la izquierda "línea base del caso "base" (Elaboración propia) .....	80

---

---

Ilustración 47:Detalle del Informe de comparación de programaciones (Elaboración propia).....	81
Ilustración 48:Informe tabular, en rojo posibilidad de añadir costes (Elaboración propia) .....	82
Ilustración 49:Informe 3D, a día 22/11/2019, Caso “PK” (Elaboración propia) .....	84
Ilustración 50:diferentes plataformas Synchro (18) .....	88
Ilustración 51: Detalle de la valla de seguridad en “Estado de riesgo” (Elaboración propia).....	100
Ilustración 52:Detalle de la valla de seguridad en estado de “Peligro inminente” (Elaboración propia).....	101
Ilustración 53: Detalle de la valla de seguridad en estado de Libre de riesgo (Elaboración propia).....	101
Ilustración 54: <i>Synrho Academy</i> (Elaboración propia) .....	106



---

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

---

---

## 1.1. Motivación personal

Nos encontramos en un mundo automatizado, interconectado y digitalizado como nunca y la construcción no debería ser una excepción, aunque en ocasiones lo parece. El mundo BIM integra todas estas tendencias y es el claro camino que sigue el campo de la construcción.

Avanzando a pasos de gigante debemos renovarnos cada día y superarnos para llegar a sacar el máximo partido a estas nuevas tecnologías que están a nuestro alcance, las cuales están diseñadas para realizar el trabajo de forma más eficaz en muchos los sentidos, sobre todo en el ahorro de tiempo en tareas triviales y dinero invertido para mitigar o corregir errores.

La organización, planificación y gestión de obra es una materia en la que me gustaría formarme y seguir progresando en mi trayectoria profesional, ya que siempre me ha parecido determinante. En concreto, me gustaría formar parte de la gestión de obras, pero de la gestión del “futuro”, aquella que apueste al máximo por el uso de la gran cantidad herramientas BIM disponibles para el progreso, en todos los aspectos de la construcción.

Estoy motivada y quiero desarrollar mi conocimiento en el sector del BIM, observar cómo estas nuevas tecnologías reescriben el sector de la construcción y poder estar formando parte de su transformación.

Este cambio ya está sucediendo “*es.bim*” un grupo abierto a todos los agentes implicados (*administraciones, ingenierías, constructoras, universidades, profesionales...*) cuya misión principal es la implantación de BIM en España. (1) ha decidido crear un observatorio de licitaciones BIM con dos objetivos;

- *Verificar la progresión de la inclusión de requisitos BIM en pliegos de licitación pública: a través de un seguimiento mensual del número de licitaciones públicas con requisitos BIM (1)*

*Analizar en qué forma se incluye BIM en estos pliegos: Usos BIM considerados, Niveles de detalle, Entregables, Uso de formatos abiertos...*

Para ellos realiza informes semestrales, estos son “Análisis de la Inclusión de Requisitos BIM en la Licitación Pública Española” y el último realizado es el del primer semestre de 2019, realizado en junio. De este se obtiene mucha información del estado actual del BIM en España en particular; nos presenta estadísticas de licitaciones con BIM en el periodo de 2017-2019(1er semestre).

Los datos muestran un gran incremento de la inversión y número de licitaciones públicas con requisitos BIM; hasta la fecha 195 (en dos trimestres) con una inversión de 843,3 millones, acercándose a los 216 para todo el año 2018 (cuatro trimestres) con una inversión de 424,8 millones de euros, y superando de largo a los 106 del 2017 (cuatro trimestres) con 264,5 millones de euros invertidos. Así, a grandes rasgos, podemos ver como la implementación del BIM casi se duplica año tras año.

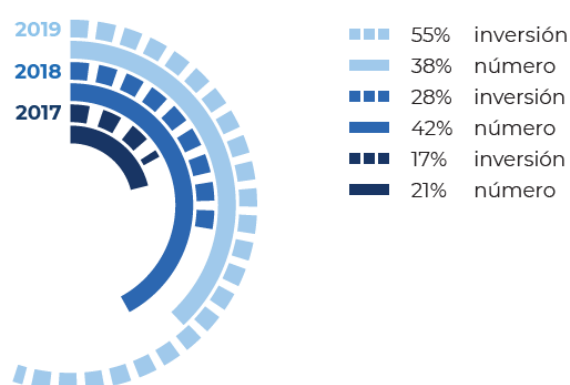


Figure 1: Comparativa del porcentaje de la inversión y número, respecto al valor total acumulado, de licitaciones públicas con requisitos BIM durante el periodo 2017-19(1er semestre) (Fuente:(1))

	2017	2018	2019*	total
número	106	216	195	517
inversión	264,5 mill.	424,8 mill.	843,3 mill.	1.532,7 mill.

\* 1er semestre 2019

Figure 2 Desglose anual del número e inversión en las licitaciones públicas con requisitos BIM. (1))

Los resultados son muy satisfactorios, por lo que hay que concluir que el desarrollo del BIM ya está en marcha y que merece la pena confiar en su potencial y promover más su uso e implementación.

---

La dimensión 4D es aquella que relaciona un modelo 3D con evolución, creación o desarrollo en el tiempo de una manera dinámica, ayudándonos a comprender mucho mejor su proceso.

Realizar un estudio sobre esta dimensión del BIM me da la oportunidad de analizar e indagar sobre todas las ventajas que podríamos obtener del uso eficaz de éste. Esto ayudaría a motivar al sector de las grandes empresas en la integración del BIM en sus proyectos de construcción, mostrando que soluciona fácilmente problemas típicos de gestión a los que se enfrenta la obra por falta de organización, ahorrando tiempo preciado y costes, cosa que a todo el mundo le interesa

## 1.2. Objetivo del Proyecto

Observamos un sector de la construcción de fuerte inercia y tradición, reacio a aceptar cambios, adaptado a lo que tiene, a una metodología de construcción muy fundamentada en la experiencia de los trabajadores, lo cual nunca es negativo porque la experiencia es muy importante. No obstante, hoy en día tenemos nuevas tecnologías que pueden hacer que esta preciada experiencia alcance un nivel superior de resultados, especialmente si no está documentada. Creo que hay que confiar en la tecnología e invertir tiempo en aprender para sacar buen provecho. El cambio al BIM, como más adelante se comenta en este trabajo, es complicado para los profesionales veteranos que ya están acomodados en su manera de trabajar y hacen oídos sordos al cambio que se avecina, pero será inexcusable para los nuevos profesionales.

Una manera de clasificar y simplificar las potenciales aportaciones del BIM ha sido mediante su jerarquía de dimensiones (3D por el paso del plano al espacio tridimensional, 4D...)

Este proyecto se focaliza en las nuevas herramientas y metodologías para estudiar la programación, lo que corresponde al BIM 4D: qué principales ventajas puede aportar y su comparación a la planificación clásica.

Con este trabajo intento poner un grano de arena para facilitar el paso o transición entre metodologías para las generaciones actuales y futuras.

Es decir, el objetivo de este proyecto es analizar ventajas de la digitalización en la planificación de obras a partir de la cuarta dimensión de BIM que podemos desglosar en:

Estudio de la planificación actual; metodologías de planificación y a partir de experiencia de profesionales del sector, la aplicación de ellas en los proyectos.

El estudio de los software de planificación BIM 4D actuales y comparativa entre ellos para determinar sus ventajas e inconvenientes.

Realizar una comparativa de planificación entre la metodología actual y la metodología BIM sobre un proyecto real para poder observar y sacar conclusiones reales.

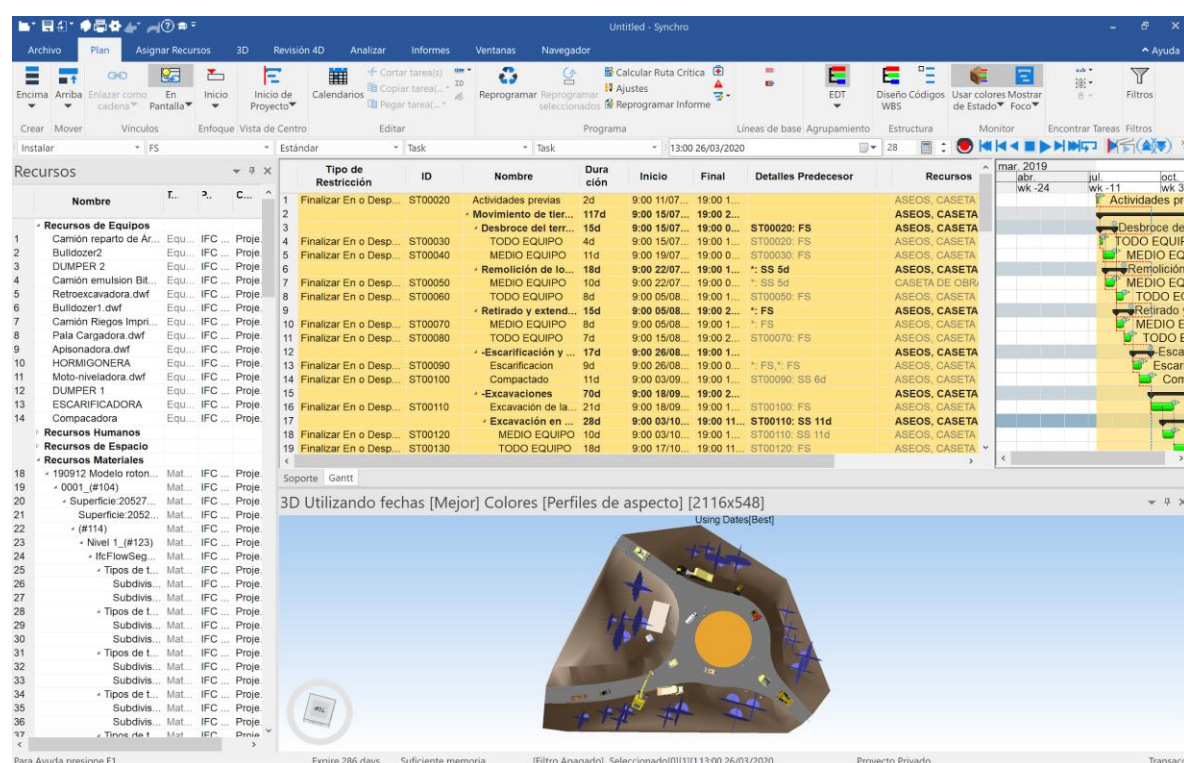


Ilustración 1: Ejemplo de planificación con Synchro (Elaboración propia).





---

## CAPÍTULO II. PLANIFICACIÓN DE OBRA

---

## 2.1 ¿En qué consiste la planificación?

*“La planificación de una obra de construcción es el conjunto de actividades tendentes a simular la realización de un trabajo, ordenándose de la manera más económica posible y previendo todas las acciones para la ejecución del mismo” (2)*

La planificación no es la herramienta perfecta que acierta al 100% con los plazos de una obra, aun así, es la única que nos ayuda a prever las actividades necesarias, cumplir con la documentación requerida y prever el personal que se ha de ligar en la ejecución de obras, para evitar al máximo las improvisaciones. Las herramientas más sofisticadas de planificación incluyen gestión de incidencias.

En una planificación se debe programar detalladamente el proceso de ejecución elegido, independientemente del método, por lo que se debe prever los recursos físicos, en el tiempo y en el espacio, que se necesitarán en el transcurso de ésta. Es esencial que dentro de esta programación se encuentre una planificación para la coordinación de equipos diversos, sean de trabajadores o de maquinaria

También hay que estimar el coste del proceso constructivo, realizar un plan de calidad, plan de seguridad y plan de control de producción.

En un proyecto constructivo la planificación de una obra tiene una importancia de la cual nadie duda. Para que la obra resulte como se espera se debe realizar con mucha minuciosidad y con toda la información posible sobre el proyecto para poder coordinarlo y dirigirlo con éxito. Aun así, hay que tener en cuenta que, en muchas ocasiones, no resulta exactamente como se planea.

La planificación de obra debe tener unas características básicas para garantizar que está sea útil [1]

**-Fiable**, que se pueda cumplir el plazo final de la obra si se sigue la programación de actividades en la forma en que está marcada.

**-Que se pueda seguir periódicamente:** con un orden de actividades lógico y coherente, de esa manera la obra debe avanzar sin excesivas dificultades a través del programa.

**-Con correcciones oportunas:** si es necesario realizar variaciones respecto a lo previsto, ejecutado o por ejecutar, debe quedar constancia en el programa. Si las variaciones son muy importantes y afectan a muchas de las actividades planificadas, podría resultar más sencillo rehacer el programa desde el principio, cuestión que se trata en este trabajo.

Para realizar una buena planificación del proceso constructivo se deben seguir unas pautas [2];

- 1) Antes de entrar en la programación de actividades, es necesario conocer la obra, saber la envergadura del proyecto a ejecutar, es decir, el tamaño de este, qué función va a cumplir el proyecto y a quién va dirigido; si es una obra civil de un puente que va crear nuevas uniones entre ciudades o si es un edificio como puede ser un colegio, conocer su contexto para situarlo (cerca del mar, en la montaña , en la ciudad , en el campo...)
- 2) Decidir cómo se va a ejecutar ésta, es decir, tomar las decisiones sobre la metodología a seguir, que plan de actuación se llevara a cabo, el análisis de diferentes escenarios.



Ilustración 2:Fases de una planificación (Elaboración propia)

- 3) La planificación en sí, la planificación previa a la programación, es decir, organizar la obra, determinar los medios auxiliares como puedan ser vertederos, canteras, centrales de hormigón...; crear la organización interna de la obra, como el organigrama, quienes son las personas que trabajaran en esta...; determinar los espacios interiores de la obra, como puede ser la zona de circulación de camiones o

---

zonas de acopio de materiales y no olvidar la organización de la caseta de trabajadores, aseos, despachos de obra...

- 4) Determinar las actividades a ejecutar; una actividad está definida como la unidad fundamental de la obra, de la planificación técnica y tiene inicio, final y duración. No cabe hacer un número excesivo de actividades, pero sí todas las necesarias para ejecutar la obra, las tecnologías a emplear para cada una de ellas, así como fijar la productividad que tienen estas, determinar el encadenamiento de actividades (cuando puede empezar una actividad que depende del fin o inicio de otra) y determinar los recursos tanto humanos como trabajadores, como de material necesarios para cada actividad. Es importante tener claro dónde, cuándo y quién se desarrolla cada actividad
- 5) Programar el calendario. El calendario se realiza dependiendo de la persona que programe la obra, en ello indagaremos más adelante. Luego se estiman los costes.
- 6) Esta planificación debe tener la posibilidad de realizar ajustes, es decir, tener un seguimiento de ella y poder realizar cambios debidos a varios factores: por mala introducción de los datos, mal enfoque de la lógica de las actividades (habrá que estudiar más profundamente la obra) porque el plazo total o parcial excede al prefijado; hay que optimizar la relación entre las diferentes actividades o cambiar el personal o los recursos de las diferentes actividades ...

La planificación debe ser integrativa, es decir, debe recoger la totalidad de la obra e inteligible o entendible por cualquiera que deba consultar esta planificación, distinto del que la hizo y sobre todo deber ser realista. Una planificación fallida seria aquella, por ejemplo, abstracta o extremadamente minuciosa.

Es importante qu esta planificación sea clara y solo enfocada a la construcción por lo que se debe evitar aspectos políticos o económicos, es decir, no se debe aprovecharse un mismo programa por tal de evitar confusiones.

La ejecución de este calendario no solo depende de los constructores del proyecto, sino que muchos otros agentes son responsables de que este se cumpla. La obra queda condicionada al promotor, al proyectista, a las entidades y a los laboratorios de control de

---

calidad, la administración, los proveedores de materiales, etc. Esto significa que todos estos agentes deben estar coordinados desde un principio para que se cumpla con éxito la planificación, y que esta debe manejar un vocabulario y metodología común, es decir, es necesario que los agentes involucrados en la obra es necesario que tengan fácil acceso a esta información y que puedan compartirla, que el flujo de información sea accesible para todos. Existen varias maneras para ello: vía email, en la nube (Dropbox, Drive...), existen infinidad de softwares especializados para compartir esta clase de información.

En la obra una cosa son las expectativas y la otra la realidad a la que estamos expuestos. Esta cooperación y coordinación es actualmente complicada de encontrar, no existe una interconexión directa entre todos los agentes en todas las etapas del proceso, sino que cada agente actúa en su “fase del proceso”, sin tener casi en cuenta los objetivos de la obra en globalidad, independientemente de cómo puede afectar a las otros. Luego es cuando aparecen los problemas, y es la misma constructora a través del Jefe de Obra y la dirección facultativa, la que debe lidiar con estos problemas y arreglarlos.

El seguimiento y revisión de la planificación es esencial para ir actualizando la duración y ligaduras de las actividades y para realizar cambios en previsión de duraciones futuras o por la incorporación de nuevas actividades y ligaduras ajustando un nuevo plazo.

La planificación económica de recursos va de la mano de la planificación de ejecución de actividades, es decir, al realizar una se realiza la otra, ya que una vez estén programadas las actividades, se sepan los recursos necesarios para ellas, es decir, se realicen las mediciones y se pueda cuantificar la cantidad de horas invertidas en ellas por los equipos de trabajadores y maquinaria, se pueden realizar ya los cálculos económicos, cuanto mejor este esta planificación y más concreta sea, mejores serán los cálculos de presupuesto.

Como ya se ha explicado, la planificación es esencial para que un proyecto sea exitoso, pero una buena planificación beneficia mucho más que la ejecución de la obra. La cuestión economía también entra dentro de la planificación, en este aspecto son los clientes, los primeros interesados en una buena planificación, es decir, son ellos los que pagan y cuantos menos imprevistos y menos tiempo invertido en errores y más efectividad a la hora de ejecutar la obra, les supone menos dinero invertido. Los otros interesados también en una buena planificación son los proveedores, a estos les interesa una buena planificación

---

para que puedan cobrar sin problemas, sin malentendidos o discusiones, si todo queda planificado y acordados los términos económicos desde un principio, se les asegura que van a cobrar sin problema.

## 2.2 Metodologías de planificación

En este punto se trata sobre las metodologías de planificación, más bien sobre las teorías que se rigen los programas de planificación. Aquí se resumen los más importantes en el mundo de la construcción y los que se estudian en la Escuela de Caminos en la asignatura de procedimientos de construcción. [3]. Se pretende explicar cómo se rige cada metodología, sus propiedades y cómo o cuándo en mejor aplicarlas.

Existen diferentes metodologías para el estudio de la planificación. Se clasifican dependiendo del caso, como vemos en el esquema gráfico a continuación: actividades aisladas (Diagramas de Gantt, Espacio-tiempo); redes de Actividades donde también diferenciamos si son Actividades en los arcos, CPM o PERT o si son Actividades en los nudos (Roy, Precedencias únicas y Precedencias múltiples). [1]

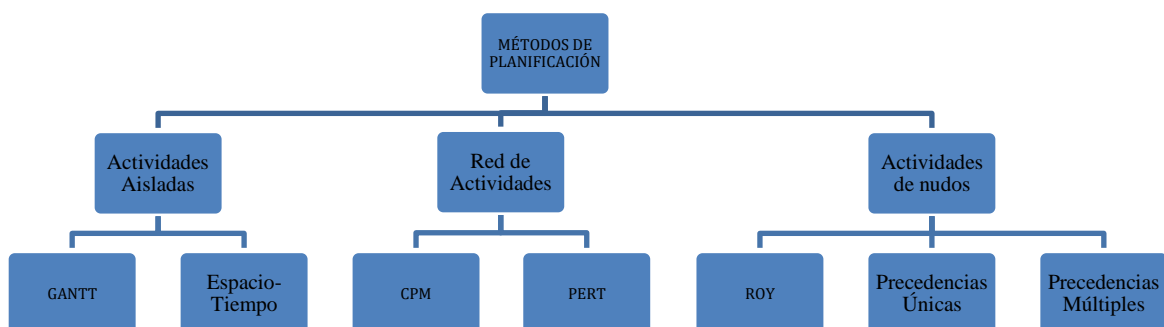


Figure 3:Esquema de clasificación de metodologías (Elaboración propia).

---

### 2.2.1 Actividades Aisladas

#### Diagramas de Gantt [1]

Cronograma de barras o diagrama de Gantt, concebidos por Henry Lawrence Gantt, ingeniero precursor de la ingeniería industrial de Taylor. Su objetivo era resolver el problema de la programación de actividades en el calendario, determinando la duración de estas y sus fechas de inicio, fin y la duración total de la combinación de estas, aspectos muy necesarios para la organización de los transportes bélicos de la 1º Guerra Mundial.

Este diagrama consta de dos ejes: el eje Horizontal, donde está definida la componente del tiempo, es decir, el calendario, que puede estar definido por unidad de meses, semanas, días etc., y el eje Vertical, que consiste en el listado de actividades a ejecutar. A cada actividad le corresponde una barra horizontal y está definida por su longitud en relación a su duración.

Este también permite hacer seguimiento del avance de las actividades pudiendo visualizar el porcentaje de ejecución de cada una de las actividades.

La metodología es de un formato muy claro de dos ejes donde se relaciona el tiempo con las actividades por lo que proporciona claridad y sencillez.

Esta metodología se puede aplicar tanto a obras de grande envergadura como a obras pequeñas.

Los diagramas de Gantt se pueden presentar como **Diagrama de seguimiento simple**, con este conseguimos un seguimiento del progreso de la actividad, cosa que no significa que el progreso planificado coincida con el real; con este diagrama solo sabemos que ha empezado, pero no la situación actual en la que se encuentra la actividad. También puede presentar discontinuidades.

Si queremos tener mayor conocimiento del avance de la obra se acudirá al **Diagrama de seguimiento doble**. Además de lo que nos aporta el diagrama de seguimiento simple este incorpora una barra dentro de la inicial que nos indica el porcentaje de actividad ejecutada real.



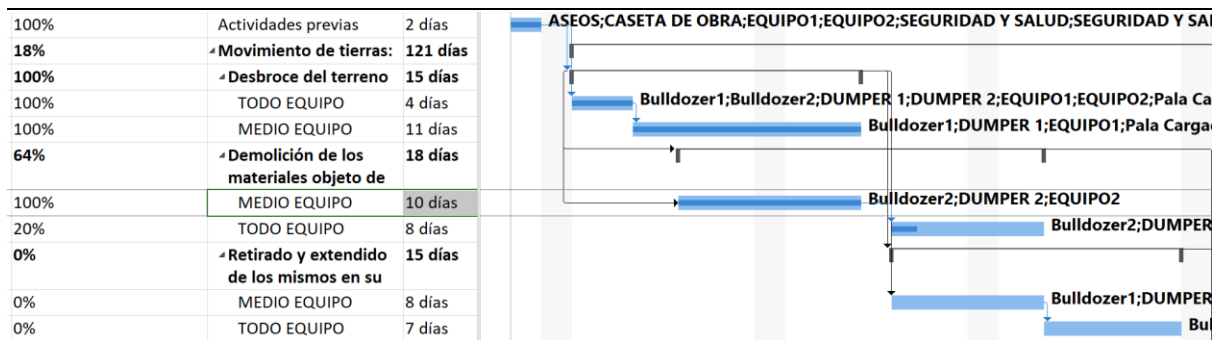


Ilustración 3:Diagrama de Gantt simple (Elaboración propia con Microsoft Project)

Los diagramas de Gantt es el método más utilizado en la gestión de proyectos constructivos, aunque sea muy sencillo, nos aporta información de gran valor. Este es muy claro de entender e integra toda la información necesaria “a priori” para una planificación. Esta metodología se puede aplicar tanto a obras de grande envergadura como a obras pequeñas. Con esta metodología, es muy fácil cuantificar las horas (trabajadores y maquinaria) y así es un apoyo crucial a la hora de generar el presupuesto. [4]

## Espacio -tiempo [1]

Diagrama utilizado fundamentalmente en obras lineales, como podrían ser carreteras, túneles, sistemas de drenaje...y se podría entender como una adaptación del diagrama de barras a las obras lineales.

Las características de las obras lineales son las que permiten rentabilizar los equipos y optimizar el transporte de tierras (caso de desmonte o terraplén) de un lugar a otro de la obra, debido al tipo de gráfica con la que nos encontramos, donde el eje horizontal se representan las distancias (P.K , Longitud ..) y en el eje vertical el tiempo de duración de la misma, siendo las barras de este líneas inclinadas donde cada una corresponde a una actividad, no se pueden cruzar entre ellas.

A diferencia del Gantt este nos sitúa las actividades además de en el tiempo en el espacio, cosa que si es una obra lineal es perfecto para saber cómo avanza la obra, pero si no lo es o si un mismo proyecto tiene partes no lineales estas no estas suficientemente detalladas y complican la gráfica. El seguimiento de la obra y la supuesta modificación de la planificación supone rehacer la gráfica de nuevo. Con esta metodología también se

complica la vinculación del coste a las actividades y así la del coste total de la obra. por lo tanto, no tenemos información de la relación entre ellas por lo que todas las actividades son consideradas críticas. Una actividad crítica es aquella de holgura 0 y forma parte de la ruta crítica.

Cabe destacar que es un sistema muy representativo y gráfico de la obra y la pendiente del gráfico refleja la intensidad de trabajo o productividad de la obra.

### 2.2.2 Redes de Actividades

#### **CPM (Critical Path Method) [1]**

Morgan Walter y James Kelley Jr. desarrollaron el concepto de planificación de redes y establecieron la teoría matemática en que se basa el **CPM o Ruta Crítica** (equivalente a la sigla en inglés **Critical Path Method**), que tiene como objetivo determinar la duración de un proyecto, definido como una lista de actividades secuenciadas y relacionadas entre sí con una determinada duración. [3]

La trayectoria de inicio a fin de un proyecto se le llama ruta, por lo tanto, la **ruta crítica** es aquella cuya trayectoria es la mayor de todo el proyecto: la duración total del proyecto y esta está formada por las actividades críticas.

Para ello es necesario definir y estudiar las actividades a ejecutar en la obra y definir las relaciones de dependencia entre actividades, es decir, que actividad precede a cada una, a la vez de asignarles una duración a cada una y así identificar la trayectoria más larga del proyecto (la Ruta Crítica) para finalmente poder diseñar el grafo que nos será de apoyo para el seguimiento, la supervisión y el control del proyecto.

*“En este método los nudos se llaman **sucesos** y los arcos, **actividades**. A todo nudo debe llegar un **arco** y salir como mínimo otro, excepto en el inicio y final de la obra” [1]*



Figure 4:Funcionamiento del CPM (Elaboración propia)

Los **sucesos**, en este caso indican que se ha alcanzado un punto donde se han concluido las actividades que conllevan a un siguiente suceso, por lo que no consumen ni tiempo ni recursos, son instantes.

Las **actividades** consisten en cada una de las tareas a ejecutar en una obra, estas sí que conllevan tiempo y pueden consumir o no recursos. Las actividades tienen un inicio en un suceso (anterior) y su final en otro suceso (posterior).

Definimos como **duración** al tiempo necesario para ejecutar las actividades, esta está condicionada al equipo del que disponemos y de los medios para realizar la actividad.

Las actividades se realizan o una detrás de otra, en serie o a la vez, en paralelo.

**El Tiempo de espera, (Te)** se calcula sumando la duración de todas las actividades si se elige el camino de mayor tiempo.

**El tiempo límite, (TI)** el máximo tiempo que puede durar un suceso sin que afecte a la duración de los siguientes.

El término **Holgura** se define como el tiempo máximo que se puede retrasar el inicio de una actividad sin que afecte al plazo final del proyecto. Se determina como;

$$H=TI-Te$$

Donde podemos diferenciar si la holgura es:

**Total:(HT)** diferencia el tiempo más largo y el tiempo de inicio más próximo, es considerado un tiempo extra.

**Libre: (HL)** en el caso que la actividad comience y finalice lo antes posible, es la diferencia de tiempo entre el disponible y el de duración.

**Independiente:(HI)** mínimo tiempo disponible entre el que se tiene para realizar las actividades y la duración de éstas.

Sabemos que un suceso es crítico cuando la holgura es cero. Por lo que el camino crítico está formado por actividades sin holgura y unen una sucesión de sucesos críticos.

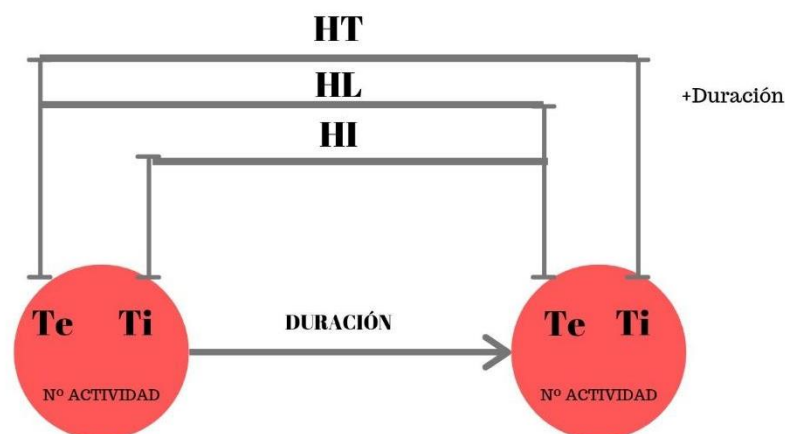


Figure 5:Metodología CPM (Elaboración propia)

El tiempo de las actividades se puede determinar cómo:

(De manera simplificada para agilizar la representación se utiliza una notación propia)

**Tiempo IC:** Inicio más cercano, lo más inmediato que puede comenzar la actividad.

**Tiempo TC:** Término más cercano, lo más inmediato que puede terminar la actividad.

**Tiempo IL:** Inicio más lejano, lo máximo que se puede retrasar el comienzo de la actividad sin retrasar el término del proyecto.

**Tiempo TL:** Término más lejano, lo máximo que se puede retrasar el fin de la actividad sin retrasar el término del proyecto.

---

Esta metodología es aplicable a la construcción en general, donde tenemos claro o es fácil estimar el tiempo y costes.

## **PERT (Program Evaluation and Review Technique) [1]**

El **PERT** está orientado a los sucesos o eventos, cuando hay un grado extremo de incertidumbre en el tiempo de duración de las actividades y este está por encima del coste.

La metodología **PERT** a diferencia del **CPM** se utiliza poco. Sus grafos son iguales a nivel de diseño y esquema, pero no en tiempo ya que **PERT** introduce términos estadísticos. Ambos tienen como objetivo calcular el coste mínimo con una duración acorde.

Es una metodología probabilística, es decir, se estudian las distribuciones de probabilidad de las duraciones, por lo que es ideal para proyectos con actividades sujetas a probables variaciones.

Para calcular la duración probabilística se utilizan tres duraciones conocidas como:

-**Optimista (to)**; Es el tiempo mínimo necesario para ejecutar la actividad, tendrá lugar en condiciones muy favorables. Tiene un 98% de probabilidad de ser superado.

-**Más probable (tm)**; Tal y como señala su nombre es la duración que se presupone que tenga la actividad en una situación "normal". Éste coincide con el tiempo del **CPM** y coincide con la moda de distribución de tiempos.

-**Pesimista (tp)**; Es el tiempo máximo en condiciones muy poco favorables con un 2% de probabilidad de ser superado.

La fecha final de obra (duración de la obra) aparece asociada a la probabilidad de cumplimiento de un 50% o superior. A mayor incertidumbre de la duración se produce mayor rango de variación entre la duración optimista y la pesimista.

---

La duración esperada de cada actividad se calcula a partir de la siguiente fórmula;

$$te = \frac{tp + 4 * tm + to}{6}$$

Con esta metodología tendremos un mayor conocimiento de la secuencia para una correcta ejecución.

El camino crítico, depende de la duración de las actividades, por lo que irá variando y será el que tiene menor probabilidad, por lo que se deben comparar todos, si lo hacemos manualmente es muy laborioso, así que se utilizan los caminos subcríticos que son aquellos que tienen medias similares al camino crítico para la probabilidad del 50%.

Al crear el diagrama de *PERT* es necesario acordar las actividades a ejecutar, su orden y su duración, determinar el mínimo tiempo necesario para ejecutar todo el proyecto, las ligaduras entre actividades e identificar cuáles son críticas así también reconocer el camino crítico. Habrá que identificar las holguras de las actividades no críticas.

El problema de esta metodología es que por definición una actividad no puede comenzar sin que su anterior no haya finalizado. También cabe decir que el cálculo de los tiempos -to, tp- es muy complicado.

Su mayor ventaja es que podemos saber qué pasará si una actividad se alarga aportándonos la probabilidad de que se cumpla la obra.

Entrando en el uso real de las metodologías CPM y PERT, estas se diferencian únicamente por la duración de las actividades, es decir, el tiempo de duración de actividades donde el CPM solo unos un tiempo estimado y el PERT tres (optimista más probable y pesimista)

Las metodologías de red y los diagramas de Gantt cuentan de varias diferencias muy significativas, primeramente, los diagramas de red ilustran mejor la cadena de actividades a ejecutar, acentuando el tipo de relación que hay entre ellas, en cambio Gantt nos proporciona información sobre el porcentaje de trabajo realizado en forma de diagrama de barras, muy fáciles de comprender

Las metodologías de red también facilitan el cálculo de la fecha de fin de proyecto, el cálculo de la ruta crítica destaca aquellas que no son críticas y la holgura que tiene que no afecta a las otras actividades ...además son más precisos en cuanto el tiempo necesario para completar una actividad

Aunque estas metodologías son grandes herramientas para la planificación y seguimiento de proyectos no se pueden utilizar en todos los proyectos. Existen unas condiciones previas necesarias para programar; las actividades deben estar bien definidas, igual que las relaciones entre ellas y sus tiempos.

Estas metodologías no están siempre bien aceptadas, por ejemplo, el PERT casi no es utilizado debido a que es una metodología determinista que exige el cálculo de tres diferentes tiempos haciendo muy ardua la tarea de programar. (3)

Un pequeño caso práctico sería el siguiente;

Como ya se ha comentado en cuanto a diagrama el CPM y PERT son exactamente iguales solo cambia el tiempo elegido, por lo que el mismo ejemplo servirá para los dos casos.

ACTIVIDAD	SUCESORES	TIEMPO OPTIMO
A	C	2
B	-	1
C	B, D, E	2
D	-	2
E	F	3

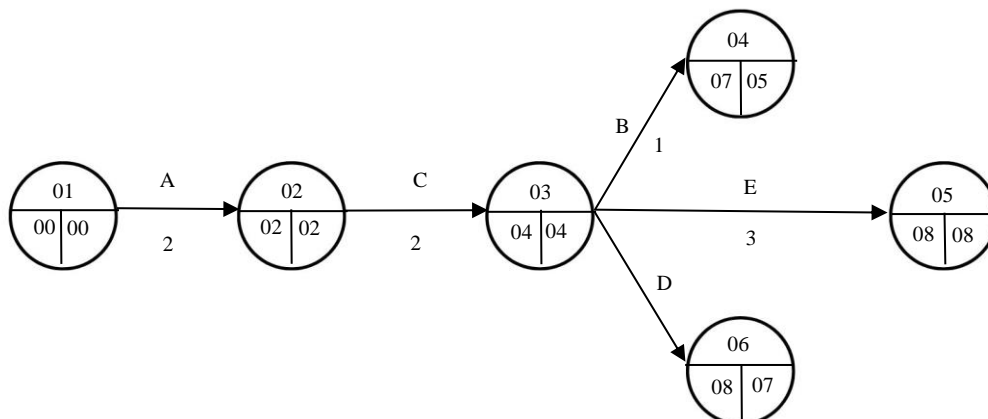


Figure 6: Ejemplo de planificación con metodología de redes (Elaboración propia).

### 2.2.3. Actividades de Nudos

#### Roy [1]

Se trata de una metodología con similitudes y diferencias al **CPM** o **PERT**. No es muy utilizada, pero es la base de los métodos modernos de planificación. En este método las actividades y tareas están representadas con nudos y en estos encontramos su duración (ti) de inicio a inicio, el tiempo de comienzo más pronto y el tiempo de comienzo más tarde; solo representan el inicio de la actividad, pero no la actividad completa. Las actividades están relacionadas con ligaduras, que no pueden ser negativas, representadas con arcos, dependiendo del vínculo que tienen con las actividades precedentes o posteriores, donde está también la duración real de la ligadura(T).

Una ligadura es la condición de tiempo que determina el comienzo y el fin de las actividades de una red. Una ligadura siempre estará definida por las actividades precedentes, el tipo de relación (**CC**, **FF**, **FC**, **CF**) y el tiempo de relación (la duración de esta, que según qué metodología también puede tener valor negativo).



Figure 7:Esquema ROY (Elaboración propia)



Para que el método sea más sencillo existen “cuatro simplificaciones”:

Debido a la supresión de porcentajes de las actividades quedan 4 tipos de ligaduras:

- **Final – Comienzo (FC)**. Es la ligadura más frecuente.
- **Final – Final (FF)**
- **Comienzo – Comienzo (CC)**
- **Comienzo – Final (CF)**. Es la ligadura menos frecuente.

Si la duración real está definida por  $T$ ,  $T_A$  será la duración de la actividad anterior y  $T_B$  la duración de la actividad posterior, y será igual al valor de la ligadura.

El tiempo de desfase pues estará establecido por los tiempo y tipos de ligadura.

Por ejemplo, si hablamos de una relación Fin -Inicio, el desfase será:  $t=TA+T$

En cambio, si es una relación Final-Final, el desfase será:  $t=TA+T-TB$

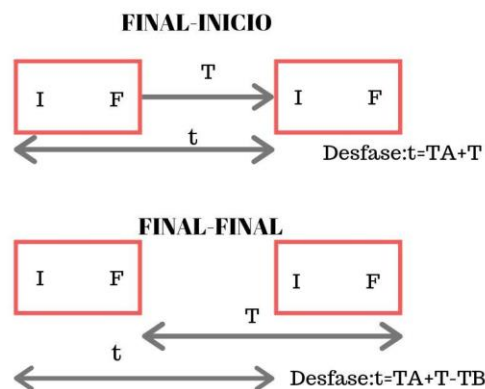


Figure 8: Ejemplo del cálculo de diferentes desfases según la metodología ROY (Elaboración propia)

Entendemos que el valor de la ligadura indica el desfase entre el comienzo de actividades, en el caso que la ligadura tenga una relación Final-Inicio y no haya desfase, la ligadura tendrá una duración equivalente a la duración de la actividad.

Para la metodología Roy definimos dos tipos de holguras: Holgura total y Holgura libre.

El camino crítico es la secuencia de actividades que no tienen holgura. Se debe ir con cuidado y revisarlo, debido a que las ligaduras que son de inicio a inicio podrían ser de comienzo crítico pero la tarea en sí no serlo.

Con tal metodología su mayor ventaja es que podemos planificar actividades donde parte de una actividad consecuente se ejecute a la vez que su actividad precedente, su inconveniente es que, de una actividad, solamente podemos definir una ligadura.

### Precedencias únicas [1]

Basado en el Método de Roy, diferenciándose de este porque en la metodología de Precedencias únicas los nudos representan el inicio y el fin de cada actividad.

Esta metodología sólo permite una ligadura/relación o prioridad entre dos actividades, por lo que si hubiera más de una se debería priorizar la más importante. Esta puede tener valor negativo, así señalando que no es posible que una actividad empiece “lo más tarde posible” y termine “lo antes posible”. En el caso que el valor fuera positivo significa que tenemos tiempo extra, en caso de que se retrasara la actividad.

Todas las actividades deben estar relacionadas tanto de inicio como de fin, excepto la primera o la del inicio de obra y la última o la de fin de obra. Las relaciones tienen la misma nomenclatura que el Método Roy; **FC**, **CC**, **FF** o **CF**.



Figure 9: Esquema de Precedencias únicas (Elaboración propia)

---

Existen unas normas para mantener la lógica y el cumplimiento de plazo.

Una actividad no puede:

- 1) Empezar antes de C+P: Comienzo Pronto.
- 2) Terminar antes de F+P: Final más pronto.
- 3) Empezar después de C+T: Comienzo más tarde.
- 4) Terminar después de F+T: Final más tarde.

El camino crítico es el más largo de inicio a fin de obra y no existen holguras. Si alguna actividad del camino crítico sufre una demora provoca que toda la obra se retrase. Una actividad puede ser crítica en su inicio, en su final o toda ella (inicio y final).

Con el método de precedencias únicas se calculan los tiempos de manera automática. Si destacamos los rasgos positivos de esta metodología vemos que esta nos permite fácilmente calcular los tiempos automáticamente y así también detectar automáticamente los caminos críticos y las holguras. El seguimiento del proyecto se realiza con gran facilidad y a la vez que es muy flexible a cambios.

Las holguras son una parte muy importante para optimizar la duración al máximo del proyecto y no retrasar el plazo final.

Contamos con cuatro tipos diferentes de holguras:

**Holgura total (HT):** obtenida de la diferencia de tiempos entre el tiempo del que disponemos como máximo para realizar una actividad y su duración real.

**Holgura interna (Hint):** obtenida de la diferencia de tiempos entre el tiempo del que disponemos como mínimo para realizar una actividad y su duración real. Esta es equivalente al tiempo que podemos alargar una actividad sin que se alteren las holguras de las otras actividades.

**Holgura inicial o de comienzo (Hini):** se define como el tiempo que puede retardar el comienzo de una actividad sin que el plazo final se vea afectado.

**Holgura final (Hf):** se define como el tiempo que puede retardar el fin de una actividad sin que el plazo final se vea afectado.

Una ligadura es la condición de tiempo que determina el comienzo y el fin de las actividades de una red. Una ligadura siempre estará definida por las actividades precedentes, el tipo de relación (**CC**, **FF**, **FC**, **CF**) y el tiempo de relación (la duración de esta, que también puede tener valor negativo).

### Precedencias múltiples [1]

Metodología sobre la que puede decirse que es una variante de la metodología de “precedencias simples” ya que en sí tiene la mismas propiedades y funcionamiento que la metodología, con la diferencia que esta permite más de una ligadura entre actividades

Es aún más realista de lo que es la planificación de la obra en sí, ya que evita tener que priorizar sólo una ligadura y evitar incoherencias.

Para que quede explicado con mayor claridad, se expone un ejemplo que es un ejercicio realizado en la asignatura de grado de Ingeniería Civil en la asignatura de “*Procedimientos de construcción*”. [5] Para realizar el ejercicio se debe definir unos parámetros como: el número de actividades, la duración de estas, el tipo de relación entre actividades y el tiempo de holgura entre ellas. Así y siguiendo los pasos y normas marcados por tal metodología, realizamos la planificación y determinamos el camino crítico de ella.

Nº de actividad	Duración (días)	Ligadura
1	7	
2	10	FC después del inicio
3	14	FC después del inicio
4	6	Inicio después de 4 días del final de la 2
5	10	Inicio al terminar la 4 y la 3
6	14	Inicio a los 3 días del inicio de la 5
7	10	Inicio después de 4 días del final de la 5
8	8	Inicio después de 6 días del final de la 6
9	3	Inicio después del final de la 7 y la 8

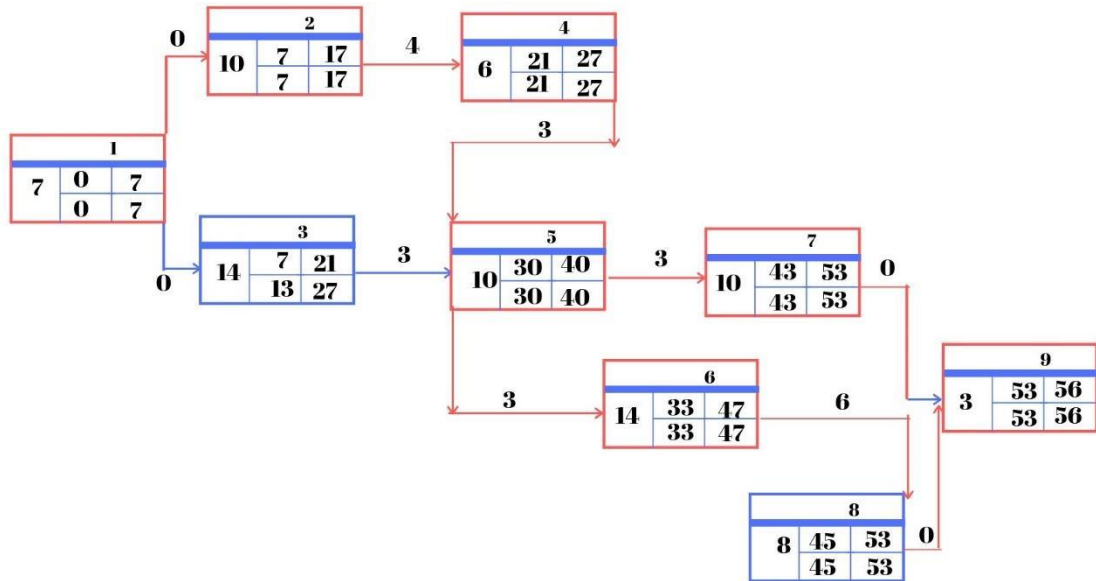


Figure 10: Ejemplo de planificación con precedencias múltiples (Elaboración propia)



---

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA ACTUAL DE LA PLANIFICACIÓN DE  
OBRA

---

### 3.1. Planificación en obra

Dado que siendo estudiante de grado de Ingeniería Civil se carece de experiencia para saber cómo realmente se genera una planificación de obra en un proyecto real de hoy en día, he optado por realizar una serie de entrevistas a profesionales del sector, quienes han respondido a una serie de preguntas, para poder tener una idea fidedigna de cómo está la situación actual en cuanto a la planificación.

Se buscan dos objetivos claros en estas entrevistas, por una parte, conocer la verdad sobre cómo se planifica en obra actualmente, qué metodologías aplican, qué problemas se generan, quién realiza esta planificación .... Y el otro objetivo importante es conocer su opinión y visión sobre la metodología BIM.

Las preguntas realizadas son las siguientes:

- ¿Qué perfil tiene el encargado de realizar la planificación?
- ¿Quién trabaja con la planificación?, ¿Quién debe consultarla? (¿proyectista, jefe de obra...?)
- Hablando de planificación técnica en obra, es decir, ¿Las actividades que se realizan directamente en la construcción, qué tipo de software utilizan?
- ¿Este software para qué lo utilizan? (¿planificar únicamente, también realiza presupuestos, en fase de diseño del proyecto, en obra ...?)
- ¿Cuándo tienen algún imprevisto en la obra que afecta a la planificación como lo hacen? (¿cambian la planificación a mano, acuden al software, dejan constancia de ello ...?)
- ¿Con qué problemas se encuentran actualmente con la metodología/software... cuando planifican un proyecto? ¿Qué mejorarían si pudieran?
- ¿Conocen el BIM? ¿En qué punto se encuentran respecto a la implantación BIM?
- ¿Tiene un plan de futuro emplear el BIM? como ven el tema de cambiar al BIM 4D?
- ¿En caso de trabajar ya en BIM 4D que software utilizan? ¿Utilizan NavisWorks o Synchro? ¿Qué experiencia tiene de la transición de la metodología clásica al BIM?



Los entrevistados tienen el siguiente perfil;

- Mariano Sanz Lorient, Ingeniero de Caminos, actualmente Director Gerente en empresa de construcción “Contratistas Mallorquines Asociados, S.A. (COMASA). Esta empresa con un recorrido muy largo fundada en 1965 especializada en obras de carretera, urbanizaciones, vialidad urbana (obras públicas como privadas), ejecución de obras marítimas, túneles, obras hidráulicas, edificación etc. En 2008 compró el 100% de la empresa UNITRAL SL, especialista en Estructuras metálicas, que ha ejecutado infinidad de estructuras para edificios, viviendas unifamiliares, naves industriales y todo tipo de refuerzos estructurales. COMASA ha trabajado durante todo este tiempo en las cuatro Islas Baleares contando allí con múltiples obras ejecutadas como pueden ser la carretera “Andratx-Puerto de Andratx” el “Túnel de Sa Mola” o el “acceso al Puerto de Sóller” entre muchísimos otros, también estuvo unos años trabajando en Catalunya.
- Carlos Tutor Pellicer-Palacín, Ingeniero de Caminos, actual Cap de Servei d'Obres, Planificació y Supervisió de la Direcció insular de Carreteres (Consell Insular de Mallorca) , pero con una larga trayectoria profesional posterior en diferentes cargos; Jefe de obra en Mallorca (1987-1991), Ingeniero de Construcción en el departamento de Carreteras del Govern Balear (funcionario de carrera) ( 1991-2001) o Ingeniero de Construcción en Carreteras (Infraestructures) del Consell Insular de Mallorca (2001-2017)., por lo que está especializado en obra pública . Algunos de sus proyectos son; el Tercer carril Palma-Aeropuerto, el Tramo 3 Segundo cinturón de Palma, Terceros carriles en Via de Cintura, el Acceso a Soller desde el túnel...
- Miquel Lluís Cerdá, Arquitecto, exeditor de base de datos del COAIB (Colegio Oficial de Arquitectos de las Illes Balears), trayectoria profesional de más de 25 años, también con despacho profesional privado junto a dos arquitectos más. Ha participado en centenares de proyectos, *“acabó de imprimir el listado del COAIB de obras en las que he participado y me han salido 51 páginas con una media de 8 obras por página. Aunque, en realidad ninguna de ellas ha merecido salir en las revistas de arquitectura, me han servido para poder sustentar a mi familia estos 25 años.”*

- Oscar Garcia de Vicuña Amedo, 6 años en la constructora BRUESA y 7 años en el ejercicio libre de la profesión (vinculado a Planeamiento y Tecnología SA), entrevistado en nombre del despacho de ingeniería “Planteamiento y Tecnología SA” situado en Palma, formado por cuatro ingenieros de Caminos y dos empleados. Con más de 40 años de experiencia en el sector, y por ello se caracteriza por su experiencia en campo. Sus proyectos generalmente de ámbito más hidráulico y de obra marítima, con ejemplos como; Proyecto y D.O. de refuerzo y mantenimiento del muelle adosado al dique del club Náutico Serranova en Sta. Margarita, Proyecto y D.O. de refuerzo y mantenimiento del muelle adosado al dique del club Náutico Serranova en Sta. Margarita o Proyecto básico de prolongación del muelle del dique y ampliación de la explanada de contradique de Puerto Portals. entre otros muchos a destacar. Siguen metodología clásica, rehúyen de softwares “complicados”.

Las entrevistas están realizadas a personas que se ha considerado podrían opinar sobre el tema, todas ellas se ubican y trabajan principalmente en Mallorca, Illes Balears y por ello se mueven bajo el mismo marco legislativo, a la hora de ejecutar proyectos.

Las entrevistas has sido realizadas vía email debido a la dificultad, durante los meses de julio y agosto, de ponerme en contacto con ellos presencialmente.

Hemos analizado sus respuestas y hemos sacado las siguientes observaciones/conclusiones:

A la hora de preguntar por quién realiza la planificación estos han contestado, sin más, que es el jefe de obra o un técnico competente, lo importante es que el planificador conozca bien el proyecto de inicio a fin y que tenga experiencia en obras; cosa muy remarcada es que consideran que la experiencia está por encima de todo y que esta es básica para poder discernir bien la planificación y se ajuste lo máximo a unos plazos, dando por hecho que no se cumplirán nunca al 100% .

Esta planificación es consultada por varios agentes relacionados con el proyecto, tanto en la etapa de proyecto como en la de construcción; generalmente el Proyectista, Administración/ cliente, Director de Obra, Contratista/Jefe de Obra y responsable financiero, además debe estar disponible para que se pueda consultar en todo momento por Compañías de Servicios, Administración Local o Estatal, Consejo de Accionistas..., es

---

decir y haciendo hincapié en que debe ser consultada por muchas personas, de ahí la gran importancia que sea entendible, claro y accesible para todos los intervinientes.

Para planificar, las personas entrevistadas, siguen por el mismo camino, utilizan programas basados en los diagramas de Gantt, como por ejemplo Project de Office y se apoya en Presto para calcular caminos críticos, algunos señalan que “a mano” suele ser una opción (luego pasándolo a algún software para entregar en la memoria), recalando su visión de que “los tiempos teóricos distan mucho de la realidad.”

Se ha indagado un poco más respecto a cómo utilizan los softwares, si utilizan otros y que uso les dan. Lo softwares los utilizan aparte como puede ser AutoCAD, Arquímedes, Excel ... y también, además de para planificar, son utilizados para crear presupuestos, planes de obra, seguimiento de obras, sobre todo en la parte de preparar la licitación de obra, pero no les proporciona mucho más provecho.

Así, al encontrarse con algún imprevisto o cambio en la planificación, si no es considerada una incidencia grave no se acude al software y, en el caso que lo fuera, tampoco utilizan el software de planificación para ajustarla como norma general, más bien a nivel de documentación posterior, como actas de obra. Ello también depende de la envergadura de obra de la que hablemos porque les preocupa el tema de las penalizaciones económicas de incumplimiento de plazo, así que no dudan en la importancia de una revisión periódica de esta planificación.

Aun así, se les ha preguntado por los problemas que consideran que existen en este ámbito y si las cosas mejorarían. Entre los problemas principales que se les presentan, en la gestión y planificación de obra, está la falta de comunicación e interacción entre agentes, el no tener un “plan” común, el tener que estar pendiente de otros agentes y confiar en que esté actualizado el trabajo del otro al empezar el suyo o estar al corriente de cambios en el proyecto que pueda afectar al trabajo que ellos están realizando; otro problema a afrontar es la dificultad de acertar en rendimientos, los medios destinados a la ejecución de cada obra.

Todos los problemas expuestos son los que la metodología BIM pretende resolver. Por ejemplo, dos de las personas entrevistadas manifiestan un interés en empezar a implantar metodologías de control de proyectos de principio a fin, pero este interés no se manifiesta por los otros.

Algunos son conscientes de la necesidad de este cambio, como dice Carlos Tutor;” *Debería ser la tendencia*” y lo buscan, pero se encuentran atados frente a decisiones de directriz política de la empresa. Otros consideran que es una gran herramienta y que tiene un futuro muy prometedor, pero no se ven involucrados en el cambio pues de momento consideran como dice Mariano Sanz: *“que, desde el punto de vista de una empresa constructora, el BIM nos generará más perjuicios que beneficios mientras no mejore muchísimo la calidad de los proyectos. No sé si es así desde el punto de vista de los proyectistas y de las Direcciones de Obra, que podrían salir muy beneficiados con su implantación.”* u otros que opinan que de momento no le ven la obtención de rendimiento.

Al día de hoy, estos profesionales del sector, con muchos años de experiencia, al ser preguntados por el BIM, su opinión y visión de futuro, en sus respuestas demuestran un desconocimiento total o parcial del tema, pues no han trabajado nunca con él, por ser un producto que se les escapa de su alcance, por el que, de momento, no tienen interés, y lo ven como un tema muy del futur;, si bien, obviamente, entienden que genera muchas ventajas, manifestando que, a largo plazo, tiene que haber el cambio necesario generacional en metodología de construcción obligado para avanzar. Es por ello que entienden que es necesario formar a profesionales dispuestos a dominar el BIM y tener un espíritu de emprendimiento y ganas de adquirir conocimientos y cambiar, porque el sector de la construcción está muy establecido en unos estándares que no dejan avanzar.

*Las entrevistas están adjuntadas en el apartado de anejos*

---

## 3.2. Softwares

Para hacer mención a las metodologías utilizadas a día de hoy, en cuanto a planificación, se realiza una breve explicación de los softwares mencionados por los profesionales entrevistados.

**Microsoft Project** [6]: Software de planificación más utilizado en el mundo de la construcción actualmente. En este trabajo se realiza un caso práctico en el que se hace una comparación entre una planificación cómo se realizaría actualmente y con BIM, para la actual utilizaremos este Software; Microsoft Project, una herramienta muy útil para la administración de proyectos eficientes.

Su función es organizar las tareas y distribuir las en el tiempo a través de diagramas de Gantt, utilizando también la ruta crítica y evitando solapes de trabajo ya sea de tareas como de equipos de trabajo pues se puede asignar concretamente uno a uno, además puede distribuir recursos y administrar presupuestos. Este permite la organización, supervisión y actualización de cambios más eficiente de un proyecto.

Project también realiza informes con gráficos muy bien explicados para el uso que se le quiera dar, es decir, muy concretos para cada usuario.

**PRESTO** [7]: Software destinado a la gestión del coste de un proyecto junto a la gestión del tiempo, destinado tanto a proyectistas como a directores de obras o empresas constructoras y promotoras. Este facilita la comunicación entre agentes de un mismo proyecto, facilitando el intercambio de datos entre ellos. PRESTO integra en el mismo presupuesto toda la información del proyecto; planificación, certificaciones, gestión de calidad, documentación...

Este software facilita mucho la organización de datos de un proyecto, evita el uso excesivo de hojas de cálculo que solo llevan a posibles errores, gestiona compras y realiza un seguimiento económico de la ejecución de obra entre otras muchas ventajas y propiedades.

**Arquímedes** [8]: Software propiedad de CYPE, destinado al cálculo de mediciones, presupuestos, certificaciones, pliegos de condiciones, manuales de uso y mantenimiento del edificio. Este tiene una infinidad de herramientas con las que poder trabajar, la más importante a destacar es el Banco de precios convencionales en el formato FIEBDC-3<sup>1</sup>.

**AutoCAD** [9]: De la casa Autodesk. Software probablemente más utilizado y conocido mundialmente en el mundo del diseño asistido por ordenador (CAD) donde se realizan dibujos y documentos en 2D y modelaje de sólidos 3D. Este tiene infinidad de herramientas, pero los profesionales del mundo de la construcción suelen utilizarlos para creación de planos de proyectos...



Ilustración 4: Software utilizados actualmente (Elaboración propia).

---

<sup>1</sup>FIE-BDC es una Asociación constituida para definir y supervisar el Formato de Intercambio Estándar de Bases de Datos para la Construcción. Se constituye en Julio de 1996 por diecisiete empresas y entidades desarrolladoras de Programas de Presupuestos y de Bases de Datos de la Construcción, conscientes de la importancia de la intercambiabilidad de información entre todos ellos. El formato FIE-BDC establece un protocolo que permite al usuario final intercambiar cómoda y libremente información entre diferentes Programas de Presupuestos y Bases de Datos de la Construcción que lo cumplen, existentes en el mercado.



---

## CAPÍTULO IV. BIM 4D

---



## 4.1. Concepto BIM

*“Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.” (4)*

El concepto BIM es aquel modelo tridimensional representativo de la geometría de un proyecto donde se enlazan diferentes disciplinas para aportar información a través de la parametrización de los objetos vinculantes a tal proyecto. Este es más que un modelo 3D, nos aporta toda clase información, desde los materiales necesarios a la creación de planos de cualquier especialidad involucrada en el proyecto, a presupuestos ... es la plataforma en la cual se sustenta todo un proyecto de construcción, en resumen, abarca tanto la información geométrica(3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D).

BIM nos proporciona información fiable, real, actualizada y coordinada, haciendo posible la predicción del futuro y avance de la obra, pudiendo tomar decisiones desde un buen principio y resolver posibles problemas en el modelo virtual, previamente a encontrarlos en obra, así se consigue disminuir el coste, aumentar la productividad y simplificar la gestión del trabajo, obteniendo mayor calidad en los proyectos.

Definimos como Gestión BIM a las estrategias, metodologías y gestión de procesos con el objetivo de gestionar un modelo tridimensional parametrizado a partir de herramientas BIM.

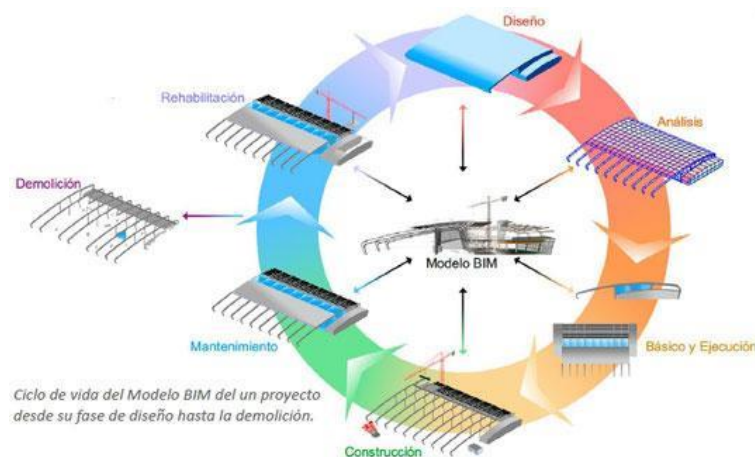


Ilustración 5:Ciclo de vida de un proyecto BIM (4)

## 4.2. Open BIM

Antes de introducirnos en el mundo del BIM 4D y los softwares BIM cabe hacer referencia al OPEN BIM, creado e impulsado por BuildingSMART International.

El BIM se define como una herramienta que tiene como claro objetivo la interoperabilidad entre agentes, la comunicación y el compartir información, por ello OPEN BIM busca tener una visión universal, multidisciplinar y de uso libre, de formato compatible para cualquiera software sin la necesidad que tener el mismo todos los agentes del proyecto, “*openBIM es un enfoque universal al diseño colaborativo, realización y operativa de los edificios basado en flujos de trabajo y estándares abiertos*”(4). Este nos permite trabajar de manera transparente, y así incrementar la eficiencia debido a la facilidad de comparar opciones que nos ofrece BIM y poder tomar la elección más correcta.

Con OPEN BIM se evitan problemas de actualizaciones de versiones utilizadas más antiguas, ya que siguen siendo compatibles después de las actualizaciones de software.

Existen diferentes softwares comercializados, algunos más potentes que otros. GRAPHISOFT®, Tekla® y otros miembros de la alianza BuildingSMART® han lanzado un programa mundial para promover Open BIM como interfaz en el sector AEC. (5)

Cabe especificar que, aunque sea una idea simple y clara, es muy difícil de ejecutar. BIM se enfrenta a varios obstáculos y a rechazos por una parte de la comunidad, por lo que no avanza de la manera rápida que debería. En el momento que esto cambie y se trabaje de manera conveniente con la metodología BIM, el OPEN BIM será una necesidad.

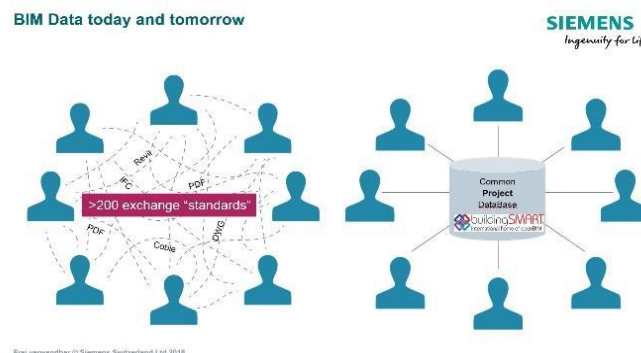


Ilustración 6: BIM data today and tomorrow (6)

---

### 4.3. BIM y planificación: BIM 4D

Una planificación eficiente en obra es un punto clave para el éxito de un proyecto.

*“La planificación en la construcción es el proceso de definir, coordinar y determinar el orden en que deben realizarse las actividades con el fin de lograr la más eficiente y económica utilización de los equipos y recursos que se dispone y además minimizar esfuerzos innecesarios” (6).*

Muchas de las decisiones sobre la planificación son tomadas a partir de la experiencia, de ahí la importancia de la supervisión/ seguimiento y actualización de esta, ya que no es una ciencia exacta. Por ello es tan importante el compartir y comunicar toda la información que envuelva el proyecto. Uno de los puntos clave del BIM es incorporar la participación de constructores, contratistas, proyectistas... desde la etapa de ejecución, cosa que puede comportar diferencias entre lo que los diseñadores pretenden y lo que los constructores ejecutan.

Así para evitar malentendidos aparece la simulación 4D, que nos proporciona diferentes ventajas y herramientas. Con ella podemos recrear diferentes escenarios de un mismo proyecto y observar las alternativas a través de secuencias de construcción. Esto nos ayudará a compartir mejor la información, a dar una idea más clara sobre el proyecto, ya sea a arquitectos, clientes, promotores...

El modelo 4D será aquel el cual, a partir de un modelo 3D de un proyecto, enlaza el tiempo y la programación de la construcción, creando una representación gráfica y simulando la construcción real.

---

#### 4.4. Las ventajas del BIM 4D

En el BIM 4D el tiempo está asociado a los componentes del modelo de información. En el caso de un proyecto constructivo, los detalles sobre los períodos de inicio, entrega, construcción e instalación, secuenciación o dependencias de actividades con otras áreas.

Gracias de esta información, los planificadores, a pesar de la gran cantidad de contratiempos con los que se pueden encontrar (como problemas con el suministro de materiales, dificultades climatológicas, comprobaciones de calidad no superadas, cambios en la fase de proyecto ...) pueden desarrollar y cambiar rápidamente los cronogramas específicos para cada proyecto. Las actividades y elementos específicos del proyecto pueden estar directamente vinculados a sus representaciones gráficas.

Una vez las actividades estén relacionadas con el factor tiempo se puede recrear el desarrollo del proyecto en 3D. Una simulación de la construcción visualizando cómo evoluciona el proyecto en todas sus etapas y crear planes diarios o semanales para facilitar al jefe de obra la comprensión de sus labores. Esta es una de las grandes ventajas, ya que tenemos una visión más clara de la planificación, de manera más comunicativa, ya que se puede visualizar como aparecen los activos construidos de mejor manera que con un diagrama de Gantt básico o desde cualquier plano.

Tener esta información permite crear un prototipo primero de manera virtual para proporcionar comentarios rápidos sobre los cambios de diseño o la metodología de construcción que afectan en el tiempo de las actividades. Así se consigue el acceso directo a la actualización inmediata de la planificación gracias a la vinculación de esta con el proyecto.

El BIM 4D también abre las puertas a la posibilidad de indagar más a fondo en el proyecto y encontrar diferentes alternativas más fácilmente, gracias a la recreación del proyecto, podemos visualizar diferentes opciones o posibles elecciones de cómo ejecutar un proyecto.

La recreación 4D siempre será un incentivo de más en el de soporte de licitación de proyectos, ya que una idea visual siempre es más atractiva y comprensible para todos los públicos.

---

Este enfoque hace desaparecer el concepto de la coordinación y trabajo “al final” del diseño del proyecto, cambiándolo “al principio”, detectando los errores de coordinación desde el inicio, reduciendo finalmente los procesos de entregas y correcciones. A la vez, ayuda a mejorar el conocimiento del proyecto al detalle por parte de todos los agentes, desde la pre- construcción al final.

Esto es primordial, ya que los proyectos constructivos tienen un coste de ejecución elevado, son una parte importante del coste. La eficiencia generada gracias a esta metodología puede agilizar los costes básicos para los equipos de proyecto, incrementando su capacidad al mismo tiempo que se minimizan los costes generales de entrega para los clientes. [4]

#### 4.5. Hollywood BIM

La simulación del proceso de construcción en la que se relaciona la planificación de la obra y el proceso de su ejecución a través de un modelo 3D, con finalidad puramente descriptiva, consiste en una serie de animaciones como si fuera una “película” de la obra, es lo que se define como Hollywood BIM. Estas animaciones 4D suelen ser utilizadas en la licitación de proyectos con fines estéticos o para satisfacción del cliente.

Es importante entender la diferencia entre el Hollywood BIM y el BIM 4D.

El Hollywood BIM no nos aporta nada más que una visión de cómo se recrea este proyecto en el tiempo, en cambio el BIM 4D nos aporta mucho más que esta cuarta dimensión. Los softwares de BIM 4D se ocupan de la gestión/planificación de un proyecto y estos se explican en los siguientes apartados [5].

---

## 4.6. Software BIM 4D

La metodología BIM es conocida mundialmente y cada vez más utilizada y necesaria, convirtiéndose en toda una tendencia en la industria. Esta nos da la solución completa para el análisis de proyectos en toda su magnitud.

La cantidad que softwares BIM que están saliendo al mercado, en estos últimos años, está aumentando exponencialmente y cada vez son más especializados. El análisis de todos estos queda fuera del abarque de este trabajo y nos centraremos en estudiar la potente herramienta: softwares de BIM 4D.

Analizando el mercado encontramos infinidad de Softwares destinados a la planificación, pero si nos centramos más concretamente en el mundo de la gestión y control de tiempo del BIM 4D caben destacar “*3 potentes herramientas disponibles en el mercado, Navisworks, Synchro y Vico Office*” (7). Ambos ofrecen las herramientas de planificación de obra para que se ejecuten utilizando metodología BIM.

Para que la planificación sea exitosa y poder sacarle el mayor partido posible es de vital importancia que el proyecto tenga un modelado 3D claro y sin incoherencias que luego puedan enredar a la hora de planificar. En esto vamos a incidir especialmente por razón de las incidencias que han surgido durante la parte práctica de este proyecto debido a un 3D con falta de coherencia en su elaboración y por ello, para poder trabajar con el software de planificación BIM 4D, se ha debido arreglar previamente.

Estos programas asocian las actividades constructivas, es decir, la planificación con el modelo directamente, asociando la tarea concreta. Así, una de las particularidades más importantes de estos tipos de software se lleva a cabo y es la animación de la planificación de obra, en la que se observa cómo avanza “la obra” a medida que las actividades se cumplen. Aquí la importancia de un buen modelado 3D. Esta metodología nos ayuda a extraer conclusiones para optimizar/mejorar la ejecución de obra y evitaríamos contratiempos derivados de una mala planificación.

A grandes rasgos, a continuación, se describe las cualidades, herramientas y propiedades que nos ofrece cada software para podernos hacer una idea general y saber qué nos puede aportar cada uno o, por el contrario, lo que nos falla de estos softwares. [6]

### 4.6.1. Navisworks

Este es un potente software siempre y cuando nos apoyemos en otro programa externo. Permite la opción de exportar la planificación directamente desde otro programa de planificación como puede ser Primavera o Project ... o, a su vez, dentro del mismo Navisworks tenemos la opción de crear un diagrama de Gantt, pero con la inconveniencia que no utiliza el método del Camino crítico, así se crea simplemente una lista de actividades cronológicamente ordenadas, pero sin ninguna relación entre sí, siendo casi nula la gestión de la planificación.

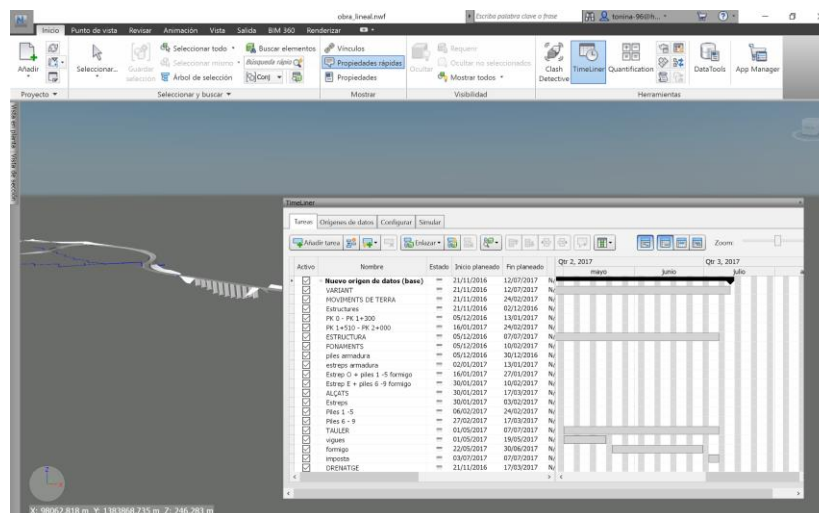


Ilustración 7: Ejemplo de planificación de NavisWorks (Elaboración propia.)

### 4.6.2. Synchro

También, como Navisworks, este software puede exportar una planificación de un programa externo o hacer una planificación en el mismo, eso sí, Synchro sí que sigue la metodología del camino crítico o CPM (Critical Path Method). Gracias a ello, la planificación es realista y además de estar ordenada cronológicamente están todas las actividades relacionadas entre sí. No depende de ningún programa externo, pero aun así

tiene fácil importación de planificaciones desde otros programas externos. Este se considera un software que agiliza las tareas de modificación, seguimiento y revisión del proyecto.

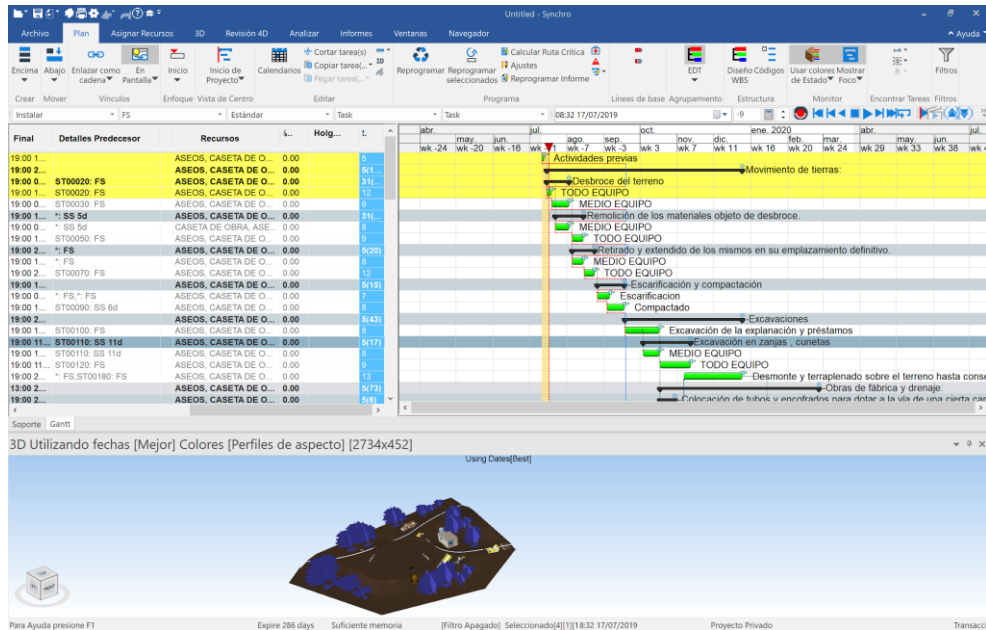


Ilustración 8: Ejemplo de planificación de Synchro (Elaboración propia)

#### 4.6.3. Vico Office

Visco Office, el más destacado en planificación pues, además de realizar diagramas de Gantt y tener las mismas propiedades que los otros dos softwares anteriores, nos permite realizar gráficas utilizando el método de líneas de balance o espacio-tiempo, ideal para obras lineales. Estos diagramas a nivel visual son más sencillos de interpretar y de gestionar ya que permite representar un grupo de actividades similares en una sola línea, llegando a visualizar un gran número de tareas en un diagrama.

Al analizar los tres softwares, se observa que el Vico Office es el que tiene más ventajas, no muy lejos el Synchro y por último el Navisworks.



	NAVISWORKS	SYNCHRO	VICO OFFICE
<b>Visualización modelos BIM</b>			
<b>CLASH -Detection</b>			
<b>PLANIFICACIÓN</b>			
<b>Secuencia constructiva</b>			

✓

✓✓

✓✓✓

Figure 11:Tabla comparativa de softwares 4D (Elaboración propia)

En este trabajo se realiza un caso práctico para conocer las ventajas de un software 4D y se plantea una comparativa entre una planificación de las empleadas generalmente en el sector en el día de hoy y una planificación con Software BIM.

Cabe analizar más a fondo Synchro y Navisworks ya que son los dos a los que hemos tenido acceso con licencia de estudiante.

A continuación, el estudio y análisis de ambos softwares y el porqué de la decisión de utilizar el software elegido finalmente.

#### 4.7. Navisworks vs Synchro

Estos dos softwares son los más potentes del mercado, con herramientas de gestión de la planificación asociados a modelos 3D de proyectos, es decir, softwares 4D (aunque también se pueden utilizar para otras dimensiones BIM). (14)

Ambos utilizan los clásicos diagramas Gantt utilizados para la programación de actividades de obra, simples, pero funcionan a la perfección. Synchro además incluye la función de utilizar el método del camino crítico (CPM- “Crithical Path Method) básico para la planificación de grandes proyectos como los que pueden ser los de obra civil. Con Navisworks esta opción no la tenemos, por lo que la planificación será una serie ordenada de actividades donde nosotros asignamos fecha de inicio y fin, sin que estén interconectadas entre sí, este es punto clave y principal para hacer la elección de software.

Otra de las propiedades de estos softwares es poder crear parámetros BIM que nos facilitan la planificación ya que así podemos realizar la búsqueda de objetos BIM mediante

---

la definición de parámetros; por ejemplo, características comunes (materiales, posición espacial, tipo de volumen etc.) lo cual es muy importante a la hora de revisar y supervisar una obra. Las herramientas son bastante sencillas de usar a nivel usuario si ya se ha trabajado previamente en diseño 3D.

Si hablamos de exportar archivos, empezando por Navisworks, al pertenecer a la casa Autodesk, es rápido llegar a la conclusión que será el que mayor facilidad tendrá en la exportación de archivos creados por Revit o Archicad y con mayor calidad, sin casi pérdida de información. Si el modelo BIM es modificado ambos programas tiene la capacidad de actualizar la planificación. Autodesk tiene interiorizado mecanismos de control de flujo de información en el modelo 4D. En el caso de tener también Navisworks – Autodesk 360, se tendrá acceso a la nube de Autodesk y Revit y Navisworks funcionarán en un entorno colaborativo con fluidez. Es decir, si se trabaja con la familia de programas Autodesk será más ágil la gestión de información.

En Synchro la importación de diferentes archivos también es muy amplia, su interfaz permite la carga cualquier modelo BIM a partir de la importación de un IFC<sup>2</sup>, siendo mínimos los errores y pérdida de información. Así que, si vamos a trabajar con varios programas o no sabemos exactamente con cual, es una muy buena opción.

Aun siendo programas de planificación también tienen herramientas de modelado 3D Navisworks tiene mayor facilidad de moldeado que Synchro, aunque no es recomendable que se realice con estos programas ya que los modelos exportados suelen ser elaborados con mucho detalle y estos softwares no cumplen las necesidades de edición suficiente para adentrarse en el campo de edición 3D.

Una de las grandes funciones de los programas BIM es el “*Clash detection*”, que nos permite comprobar si existen interferencias entre los diferentes modelos del proyecto y así detectar fallos importantes en el diseño con facilidad y a su vez generar informes que nos permiten visualizar dónde está el error. En esta función Synchro destaca sobre Navisworks por la manera clara y eficaz en la presentación de los objetos de conflicto de

---

<sup>2</sup> IFC son las siglas de *Industry Foundation Classes*, un estándar común para el intercambio de datos en la industria de la construcción que permite compartir información independientemente de la aplicación de software que se esté utilizando. Los datos utilizados durante todo el ciclo de vida de un edificio permanecen almacenados y pueden usarse nuevamente para múltiples propósitos, sin necesidad de subirlos una segunda vez. (16)

manera visual. En los informes de errores suelen ser muy extensos debido a la cantidad de “clashes” que podemos encontrar, cada uno con su foto y especificaciones, y ambos programas pueden ser exportarlos con formato .html que es lo más funcional la posibilidad que nos ofrece Synchro de exportarlos también en .pdf es otra gran opción.

En cuanto a la recreación de la obra, para los agentes externos a la obra, como promotores o clientes, a los que se les quiere presentar el proyecto, una simulación es la mejor manera de trabajar, ya que es muy intuitiva y fácil de entender; ambos programas presentan las herramientas necesarias para hacer simulaciones 3D, por una parte, Synchro manejable y fácil a la par de que su interfaz es más atractiva, aunque Navisworks tiene la opción de renderizado propia.

Después de haber estudiado las propiedades y herramientas de ambos programas nos decantamos 100% por Synchro ya que, al ser un trabajo de análisis de la planificación de proyectos, las ventajas que tiene Synchro de utilizar la metodología CPM nos aporta un abanico mucho más grande de posibilidades para trabajar en la planificación. [13]

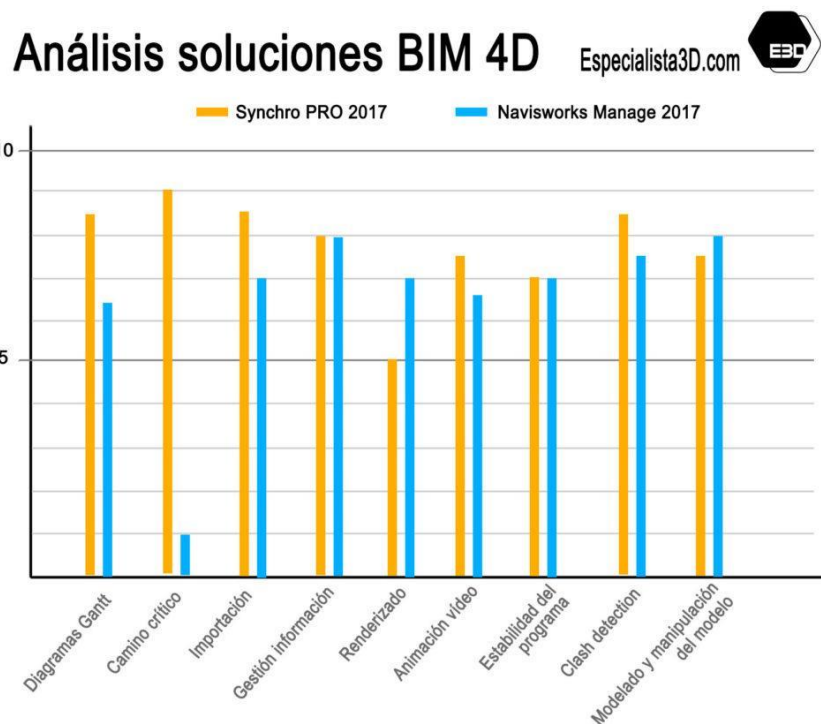


Figure 12: Grafico comparativo de propiedades de Synchro vs Navisworks [13]



---

## CAPÍTULO V. CASO PRÁCTICO

---

## 5.1. Contexto

Este proyecto consiste en efectuar una comparativa de metodologías de planificación como ya se ha explicado anteriormente.

La parte teórica y el estudio de situación de mercado de softwares ya está realizada. Se ha elegido como mejor software para trabajar el Synchro por sus ventajas en propiedades de planificación frente a los otros programas y con éste desarrollaremos nuestro proyecto de planificación BIM 4D.

En el estudio de la metodología actual, atendiendo a las respuestas de los veteranos entrevistado, se realizará una planificación con el Software de Microsoft Project.

La planificación para realizar la comparativa será la misma en ambas metodologías, es decir, del mismo proyecto.

Los pasos a seguir van a ser los siguientes:

- 1) Compararemos ambas planificaciones, sacaremos conclusiones de lo que nos aporta cada una y si el estudio teórico se ajusta al estudio practico.
- 2) Para profundizar más en el estudio de la planificación, recrearemos cuatro posibles casos que nos podemos encontrar fácilmente en cualquier tipo de obra, con sus variantes según el proyecto, que nos servirán para ver cómo los cambios de planificación se reflejan en esos softwares y qué ventajas nos puede aportar el uso de un software BIM 4D frente a un convencional.
- 3) Se realizarán una serie de reflexiones sobre las observaciones obtenidas gracias a este estudio

Los cuatro casos son explicados en los puntos siguientes.

### 5.1.1 Proyecto de rotonda

Para hacer más real este trabajo, el proyecto utilizado ha sido aportado por el *ITEC* (8) y posteriormente ha sido modificado el modelo 3D con *Revit* (9) para poder trabajar con él ya que, sin un modelado claro, es imposible de realizar con éxito el trabajo de planificación. El modelado realizado es sencillo y sin entrar mucho al detalle, cuanto mejor es el modelado mejor resultados y ventajas obtenemos del BIM 4D.

El proyecto es una rotonda, la obra consiste en su creación por lo que la planificación contempla desde las excavaciones hasta el ajardinado final. Esta consta de 3 salidas. Esta rotonda es interurbana.

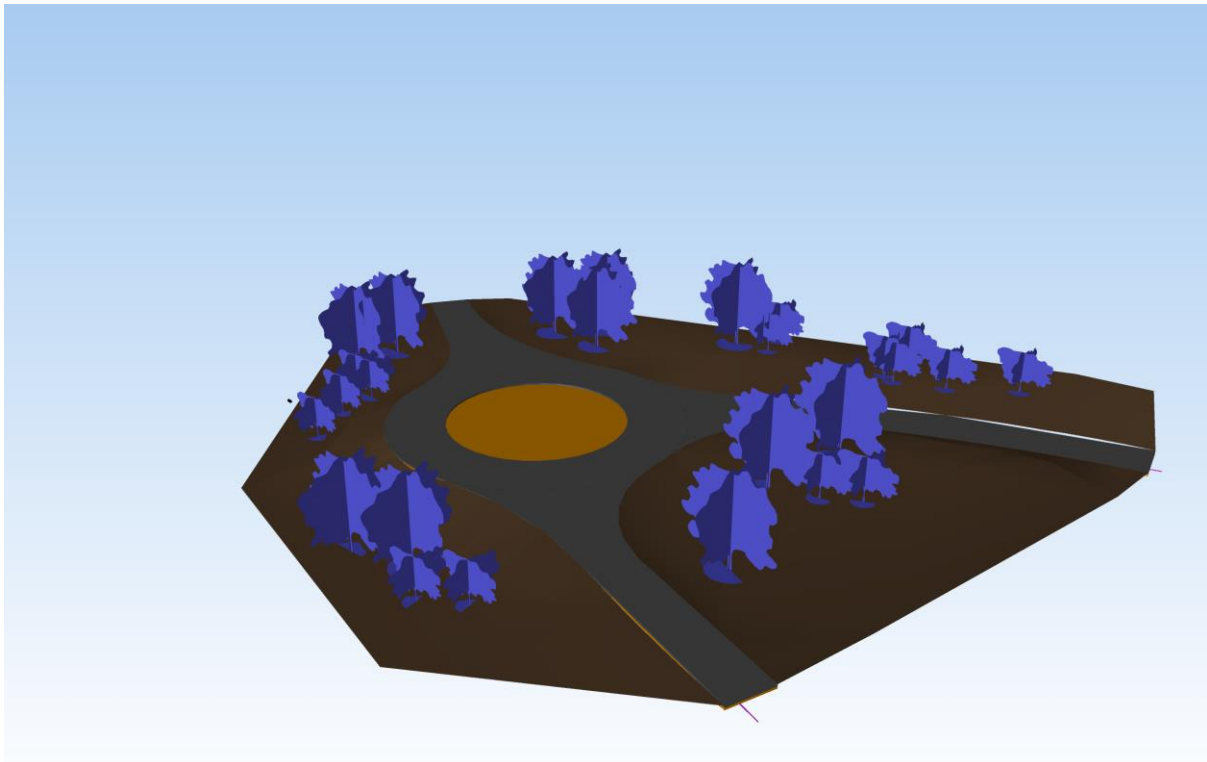


Ilustración 9:La rotonda (Elaboración propia)

## 5.2. Programación y Recursos.

A partir de ahora entramos en materia. Como ya se ha dicho se propone una planificación sencilla del proyecto presentado previamente, ya que cuando más sencilla y clara, más fácil será esta comparación puesto que no nos veremos expuestos a posibles contratiempos fuera del campo de estudio.

La programación de calendario se ha realizado empezando día 11/07/2019, (día en el que se empezó la planificación del proyecto) y tiene una duración de 178 días, siendo la fecha de finalización del proyecto el día 16/03/2020. Los fines de semana se consideran no lectivos.

En la obra trabajan diferentes equipos, con diferente maquinaria. Al ser un proyecto del cual no tenemos datos, la asignación de maquinaria y equipos de trabajo se han definido según nuestro criterio propio. La suposición realizada es: obra civil pero no de gran envergadura y que tiene una duración de menos de medio año.

Por lo que contamos con el siguiente equipo:

- Dos equipos de trabajadores



Ilustración 10: Equipo 1, Equipo 2 (Fuente:(11))

- Acondicionamiento de la obra y medidas de seguridad y salud

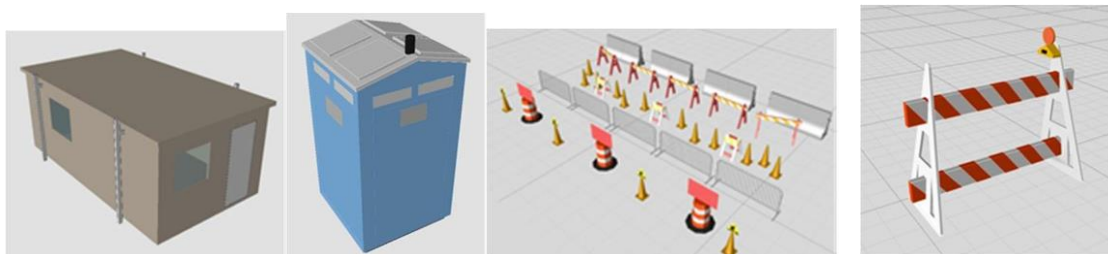


Ilustración 11: Caseta de obra, aseos, medidas de seguridad y salud (Fuente:(11))



- Dos camiones Dumper



Ilustración 12: Camión Dumper 1, Camión Dumper 2 (Fuente:(11))

- Una Retroexcavadora

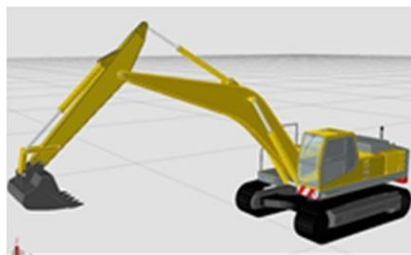


Ilustración 13: Retroexcavadora (Fuente:(11))

- Dos Tractores Bulldozer

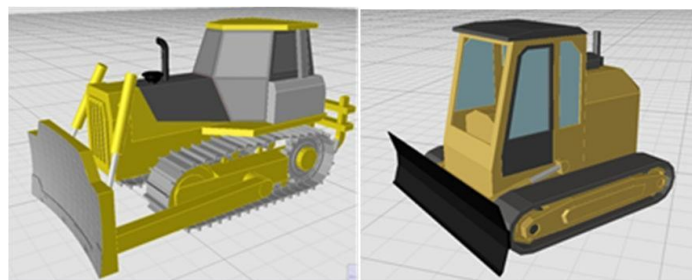


Ilustración 14: Bulldozer 1, Bulldozer 2 (Fuente:(11))

- Una Pala Cargadora



Ilustración 15: Pala Cargadora (Fuente:(11))

- Una Motoniveladora

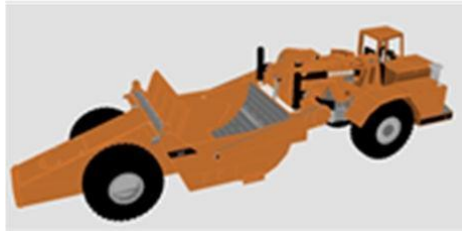


Ilustración 16: Motoniveladora (Fuente:(11))

- Una Escarificadora

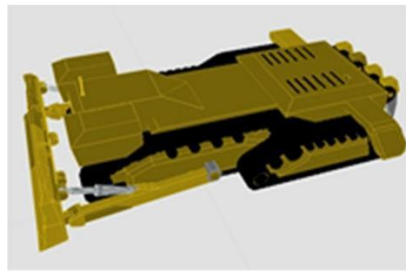


Ilustración 17: Escarificadora (Fuente:(11))

- Un compactador



Ilustración 18: Compactadora (Fuente:(11))

- Una Apisonadora

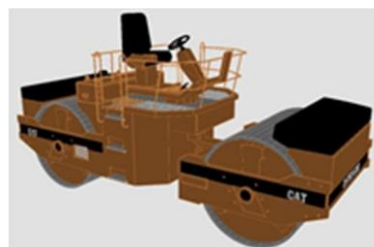


Ilustración 19: Apisonadora (Fuente:(11))

- Camión de reparto de áridos



Ilustración 20: Camión de reparto de áridos (Fuente:(11))

- Camión de emulsión bituminosa



Ilustración 21: Camión de emulsión Bituminosa (Fuente:(11))

- Camión de Riegos de imprimación



Ilustración 22: Camión de riego de imprimación (Fuente:(11))

- Hormigonera



Ilustración 23: Hormigonera (Fuente:(11))

Todas las ilustraciones anteriores pertenecen a la biblioteca de Synchro, software con el que se hacemos la planificación BIM4D.

La planificación está definida por las siguientes actividades:

- 1) Primero, se realizarán las actividades previas a la ejecución de obra como es el apilamiento de materiales, colocación de casetas de obra, aseos, medidas de seguridad y salud, transporte de maquinaria ...
- 2) Una vez instalados los elementos citados se empieza la obra, que explicamos a continuación, a grandes rasgos: para los movimientos de tierras se adecua el terreno, desbrozándolo, retirada de vegetación, se escarifica y se compactada el terreno; luego se continua con las excavaciones, abriendo zanjas, creando cunetas y formando una zona de explanada.
- 3) Dentro de las zanjas se colocan los encofrados y los tubos de drenaje a la vez que se realizan las operaciones de hormigonado para las arquetas.
- 4) Se realizan los desmontes y terraplenes hasta a conseguir las cotas, el rasante y el trazado previsto; cabe señalar que esta actividad no puede empezar hasta el **12/11/19** puesto que, debido a ajustes del presupuesto, no disponemos de la motoniveladora hasta ese día.
- 5) Pasamos a la ejecución de la explanada, el firme y compactamos.
- 6) Finalmente ponemos las arquetas.
- 7) Por último, colocamos las medidas de seguridad y señalización apropiadas para acabar con la jardinería y los últimos acabados.

La seguridad y salud no se tienen en cuenta en esta planificación, para simplificar, pero queremos remarcar que es una actividad que debe estar presente en toda la obra.

A continuación, se indican la lista de actividades, especificando su duración calendario programado y los recursos destinados a cada actividad.

Para que las actividades de obra estén sincronizadas con los equipos de trabajo, en muchas de ellas se observa que están divididas, con el objetivo de diferenciar los grupos de trabajo disponibles para desarrollar la actividad y que los recursos no aparezcan sobre asignados.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos
<b><u>Actividades previas</u></b>	2 días	JUE 11/07/19	VIE 12/07/19	ASEOS; CASETA DE OBRA; EQUIPO1; EQUIPO2; SEGURIDAD Y SALUD; SEGURIDAD Y SALUD2
<b><u>Movimiento de tierras:</u></b>	121 días	LUN 15/07/19	LUN 30/12/19	
Desbroce del terreno	15 días	LUN 15/07/19	VIE 02/08/19	
<i>TODO EQUIPO</i>	4 días	LUN 15/07/19	JUE 18/07/19	Bulldozer1; Bulldozer2; DUMPER 1; DUMPER 2; EQUIPO1; EQUIPO2; Pala Cargadora
<i>MEDIO EQUIPO</i>	11 días	VIE 19/07/19	VIE 02/08/19	Bulldozer1; DUMPER 1; EQUIPO1; Pala Cargadora
Demolición de los materiales objeto de desbroce.	18 días	LUN 22/07/19	MIÉ 14/08/19	
<i>MEDIO EQUIPO</i>	10 días	LUN 22/07/19	VIE 02/08/19	Bulldozer2; DUMPER 2; EQUIPO2
<i>TODO EQUIPO</i>	8 días	LUN 05/08/19	MIÉ 14/08/19	Bulldozer2; DUMPER 2; EQUIPO2; Pala Cargadora
Retirado y extendido de los mismos en su emplazamiento definitivo.	15 días	LUN 05/08/19	VIE 23/08/19	
<i>MEDIO EQUIPO</i>	8 días	LUN 05/08/19	MIÉ 14/08/19	Bulldozer1; DUMPER 1; EQUIPO1
<i>TODO EQUIPO</i>	7 días	JUE 15/08/19	VIE 23/08/19	Bulldozer1; Bulldozer2; DUMPER 1; DUMPER 2; EQUIPO1; EQUIPO2; Pala Cargadora
<b><u>Escarificación y compactación</u></b>	17 días	LUN 26/08/19	MAR 17/09/19	
Escarificación	9 días	LUN	JUE	EQUIPO1;

		26/08/19	05/09/19	ESCARIFICADORA
Compactado	11 días	MAR 03/09/19	MAR 17/09/19	Apisonadora; DUMPER 2; EQUIPO2
<b><u>Excavaciones</u></b>	74 días	MIÉ 18/09/19	LUN 30/12/19	
Excavación de la explanación y préstamos	21 días	MIÉ 18/09/19	MIÉ 16/10/19	DUMPER 1; Bulldozer1; Pala Cargadora
Excavación en zanjas, cunetas	28 días	JUE 03/10/19	LUN 11/11/19	
<i>MEDIO EQUIPO</i>	10 días	JUE 03/10/19	MIÉ 16/10/19	DUMPER 2; Pala Cargadora; Retroexcavadora
<i>TODO EQUIPO</i>	18 días	JUE 17/10/19	LUN 11/11/19	DUMPER 1; DUMPER 2; Pala Cargadora; Retroexcavadora
Desmante y terraplénado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista	35 días	MAR 12/11/19	LUN 30/12/19	DUMPER 1; Motoniveladora; Bulldozer2; DUMPER 2; EQUIPO1; EQUIPO2; Bulldozer1; Pala Cargadora
<b><u>Obras de fábrica y drenaje:</u></b>	87 días	JUE 17/10/19	VIE 14/02/20	
Colocación de tubos y encofrados para dotar a la vía de una cierta capacidad de drenaje	9 días	JUE 17/10/19	MAR 29/10/19	
Encofrados	9 días	JUE 17/10/19	MAR 29/10/19	EQUIPO1
Tubos	9 días	JUE 24/10/19	MAR 05/11/19	
<i>MEDIO EQUIPO</i>	4 días	JUE 24/10/19	MAR 29/10/19	EQUIPO2
<i>TODO EQUIPO</i>	5 días	MIÉ 30/10/19	MAR 05/11/19	EQUIPO1; EQUIPO2
Operaciones de hormigonado de las	87 días	JUE 17/10/19	VIE 14/02/20	

arquetas				
<i>Operaciones de hormigón para arquetas</i>	5 días	JUE 17/10/19	MIÉ 23/10/19	EQUIPO2; HORMIGONERA
<i>Colocación de Arquetas</i>	4 días	MAR 11/02/20	VIE 14/02/20	EQUIPO1
<b><u>Ejecución del firme y pavimentación</u></b>	30 días	MAR 31/12/19	LUN 10/02/20	
Extendido y nivelación de la capa base granular, y de las diversas capas de mezclas bituminosas que componen el firme	14 días	MAR 31/12/19	VIE 17/01/20	
<i>Explanada</i>	14 días	MAR 31/12/19	VIE 17/01/20	Apisonadora; EQUIPO1; Motoniveladora
Firme	9 días	LUN 20/01/20	JUE 30/01/20	
<i>Áridos</i>	5 días	LUN 20/01/20	VIE 24/01/20	Camión reparto de Áridos.; EQUIPO1
<i>Emulsiones bituminosas</i>	5 días	MIÉ 22/01/20	MAR 28/01/20	Camión emulsión Bituminosa; EQUIPO2
<i>Riegos de imprimación y adherencia</i>	4 días	LUN 27/01/20	JUE 30/01/20	Camión Riegos Imprimación; EQUIPO1
Compactado.	7 días	VIE 31/01/20	LUN 10/02/20	Compactadora
<b><u>Señalización y medidas de seguridad:</u></b>	7 días	LUN 17/02/20	MAR 25/02/20	
Colocación de señales verticales y barreras de seguridad necesarias (INICIO-FIN)	7 días	LUN 17/02/20	MAR 25/02/20	EQUIPO1

Operaciones de pintado del vial.	7 días	LUN 17/02/20	MAR 25/02/20	EQUIPO2
<b>Jardinería y Acabados</b>	14 días	MIÉ 26/02/20	LUN 16/03/20	EQUIPO1; EQUIPO2

Figure 13: Tabla de planificación de La Rotonda (Elaboración propia)

## 5.3 Caso Base

### 5.3.1 Microsoft Project

Entrando en materia, el primer paso es la planificación con el software Microsoft Project.

Nuestra planificación consta de un listado de actividades ordenadas en forma de árbol, indicando las actividades resumen en **negrita**, señalando su duración (su fecha de inicio y fin), las ligaduras con las actividades predecesoras, los recursos asignados a cada actividad y la demora de fin; es decir, la posible holgura que podría tener la actividad en valor numérico (días)., activando el “*resalta*” de “*datos -tarea crítica-*” (nos indica si las actividades son críticas), subrayándolas en amarillo. También está acompañada de un gráfico de Gantt que nos indica el camino crítico (junto a las actividades críticas) en rojo, indicando con valor grafico si tienen holgura o no (las actividades críticas), representándose, con una barra negra, el tiempo total de las actividades resumen; también en la misma gráfica de Gantt se explicita qué recursos están destinados y a qué actividad. Microsoft Project también nos sirve para realizar un seguimiento del avance de la obra con el “Gantt de seguimiento” donde podemos ir actualizando el porcentaje de actividades realizadas y saber cómo avanzan cada una de ellas, por lo que también se puede observar una columna con él % de la actividad completada. Una de las herramientas más interesantes es la Línea base, con ella podemos guardar lo que es nuestra base original de programación, realizar cambios en la planificación y en el Gantt de seguimiento se observa el Gantt de nueva planificación comparado con el Gantt base. Un gran punto a favor es la auto programación del calendario, a partir de la duración de la actividad y de las ligaduras de comienzo y fin con las actividades predecesoras. La auto programación también evita errores ya que esta te indica la existencia de errores de la lógica de la programación. Este auto programa incluso se pueden incluir restricciones de calendario; como en nuestro caso



---

“no empezar desmontes y terraplenes hasta día 12/11/19”, facilitando la tarea de programación.

Si queremos realizar comparativa entre planificaciones existe la opción de poner en pantalla más de un proyecto y que realice una comparativa.

Aparte de lo ya indicado, Microsoft Project nos permite obtener mucha más información sobre la planificación agregando nuevas columnas como, por ejemplo, el coste de las actividades, el coste de horas extra, el trabajo previsto, la duración restante ...

Aparte de un diagrama de Gantt, también como hecho a destacar, es que nos crea el formulario de tareas señalando las horas trabajadas por cada recurso, una hoja de recursos y precio de ellas por las horas trabajadas y horas extras, un organizador de recursos, un calendario, nos crea un diagrama de Red.

Los costes del proyecto se pueden incluir, determinando el precio de cada recurso por hora, existe la opción de incluir otro coste si se trabajan horas extras y también el coste por uso. Los costes materiales de la misma manera. Los costes de las actividades también se pueden calcular como coste total de la actividad y el coste total del proyecto. El informe del presupuesto no se puede tener en cuenta en exactitud porque faltan los costes indirectos entre muchos otros. En este trabajo, no se entrará en detalle porque no se analizan los costes.

De él podemos sacar informes que nos sirven de grande ayuda. Por ejemplo, nos proporciona un **Informe Visión General de los recursos** con: estadísticas de recursos; % trabajo realizado por todos los recursos de trabajo; Estado de trabajo de todos los recursos de trabajo, estado del trabajo: % trabajo realizado por todos los recursos de trabajo, estado de los recursos: Trabajo restante para todos los recursos de trabajo, con graficas explicativas de una fecha en concreto.... Pero aparte realiza otros tipos de informes como puede ser de costes o uno muy interesante sobre el estado de las actividades críticas e incluso se pueden personalizar.



Ilustración 24: Ejemplo de informe, Visión general de los recursos, caso BASE (Elaboración propia)

### 5.3.1.1. La rotonda en Microsoft Project.

Analizamos la planificación concreta de nuestro proyecto, le llamaremos “BASE”, para luego comparar con los otros casos de estudio, podemos realizar un seguimiento de observaciones. Estas observaciones las obtendremos al mirar el diagrama de Gantt y los informes, suponiendo que estos son del día 22/11/19 (fecha elegida al azar para realizar el estudio como si la obra estuviera ejecutándose).

Primero de todo hemos estudiado la programación y los recursos asignados. En una vista general de toda la planificación del proyecto vemos todas las actividades en el Gantt con sus recursos, vemos cómo avanza la programación de inicio a fin, las ligaduras que tienen las actividades, vemos en qué porcentaje están las actividades realizadas y la holgura de estas. Si nos disponemos a ver los informes obtenemos muchísima información de la actualidad del proyecto, como las horas trabajadas por cada recurso y las que le quedan, el trabajo total realizado por todos los recursos y el total restante, o también en forma de porcentaje.

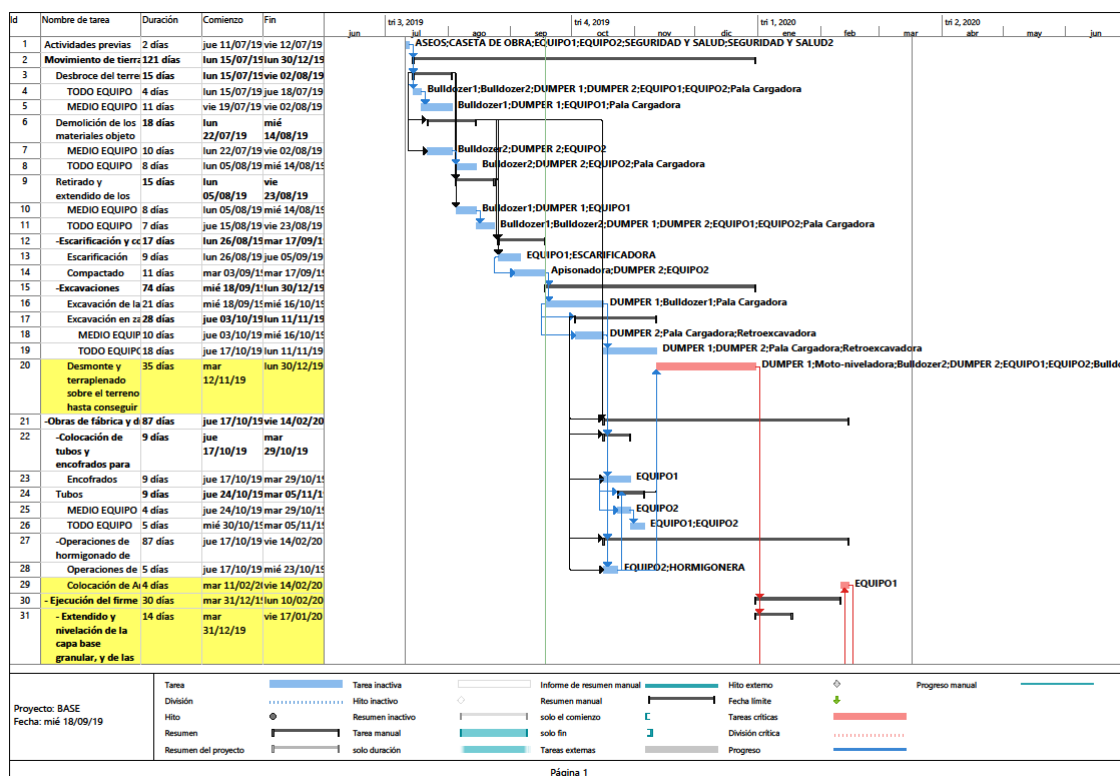


Ilustración 25: Planificación del caso práctico con Microsoft Project (Elaboración propia)

Gracias a la ayuda del filtro de "Datos -tarea crítica-" hemos podido analizar muy rápidamente el listado de actividades críticas y en el mismo gráfico de Gantt de seguimiento vemos ahora mismo que se está ejecutando la primera tarea crítica, lo sabemos porque dentro de la barra que nos indica la actividad (en este caso roja porque es crítica) vemos una barra azul que nos indica el progreso; también lo podemos observar muy rápido en el informe de tareas críticas (adjuntado en los anejos) que al día de estudio nos indica que se ha realizado un 25% de esta actividad y nos explicita la cantidad de hora restantes que quedan por ejecutar a estas tareas críticas.

En concreto, en el proyecto "BASE", contamos con nueve tareas críticas, actualmente sólo se ha empezado a ejecutar la primera de ellas "Desmante y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista" un 25%; en rasgos generales los datos obtenidos son: un 62% del proyecto ejecutado; 2592h restantes de trabajo por 4164h de trabajo realizado, ninguna tarea retrasada. En el apartado de anejos se adjuntan los resultados de los informes y la planificación base del caso.

### 5.3.2 Synchro

Se realiza la misma planificación con Synchro. Los diagramas de Gantt son exactamente los mismos ya que este ha sido importado desde Microsoft Project, de igual manera podría haber sido importado desde otros softwares de planificación como el Primavera, el PowerProject, Net Point PMA.... La gran diferencia es que la planificación ha sido ligada al Proyecto 3D, creado con Revit y exportado en un IFC. También existe la opción de añadir un plugin a Revit o Bentley para importar directamente el modelo, lo cual no significa que al realizar cambios al modelo 3D en Synchro los haga en Revit como podría ser en el Navisworks, ni viceversa. De esta importación observamos cómo se va recreando el proceso de la obra paso a paso, lo cual nos ayuda a entender cómo ejecutar la obra a la perfección. Se puede observar cómo avanza el proyecto, sus fases, cada equipo se puede situar en cada zona de la obra y así evitar malentendidos.

Analizando en profundidad todas las características del software Synchro observamos que como mínimo tiene las mismas prestaciones que nos ofrece Microsoft Project.

Como hemos mencionado, la programación de actividades ha sido exportada, pero esto es solo una opción, la otra es crear la programación directamente en Synchro y esta se realiza exactamente igual que en Microsoft Project, definiendo el listado de actividades, duración, fecha de inicio, ligaduras con otras actividades y recursos asignados.

Para empezar también nos presenta un listado de actividades ordenadas en forma de árbol, indicando las actividades resumen en negrita, su duración (fecha de inicio y fin), las ligaduras con otras actividades, recursos destinados a cada actividad, holguras, tiene la capacidad de indicar y recalculer la ruta crítica indicada en color rojo, de recalculer o auto programar las actividades, aparte de poder obtener mucha más información que obtenemos de añadir columnas de información como: el % de actividad realizada, tipo de recursos asignados (humano, material, equipamiento o localización)...

Siguiendo con la programación de actividades en la pantalla principal se observa un diagrama de Gantt, indicando la duración de las actividades, el camino crítico en rojo, el % de actividad completada para realizar un seguimiento, también como en Microsoft Project tenemos la opción de auto programar. Una cuestión interesante es que Synchro nos permite

---

buscar/señalar la información que queremos de cada actividad a partir de la opción de filtrar, por ejemplo, si queremos saber en qué actividades se utiliza qué recurso, elegimos la opción “*personalizar filtro*” y allí seleccionamos la opción “que contenga” y si, por ejemplo, queremos saber qué actividades utilizan la “pala cargadora” pues le asignamos el valor “*pala cargadora*”.

Synchro nos permite la comparación de varias alternativas de programación. Estas se pueden realizar de dos maneras; importando otra programación, por ejemplo, creada también con Microsoft Project. Podemos elegir si queremos **sincronizar** las planificaciones: la programación existente en Synchro se reemplazará por completo con la programación externa actualizada; **consolidarlas** cualquier cambio de programación realizado externamente o en Synchro seguirá existiendo y no se elimina nada; **integrarlas**, cualquier modificación realizada a la programación externa en Synchro se anulará, sin embargo, cualquier cambio en la programación en Synchro se mantendrá; u **omitirla** el atributo asociado no se modificará ni actualizará [14]. No solamente la programación sino los recursos, los calendarios, las actividades, los costes... estos campos pueden ser diferentes entre ellos, es decir, se puede sincronizar la programación y, si la lógica lo permite, integrar los recursos.

La otra opción es crear una “*BaseLine*”, como en Microsoft Project, de la actual programación, esta será una copia de la programación base con la que compararemos. Seleccionamos todas las actividades y creamos un “*BaseLine*” que podemos llamar, por ejemplo, *programación original*. Esta será muy útil para realizar más comparaciones o cambios en el proyecto y también tendremos la opción de visualizar las dos recreaciones 4D a la vez.

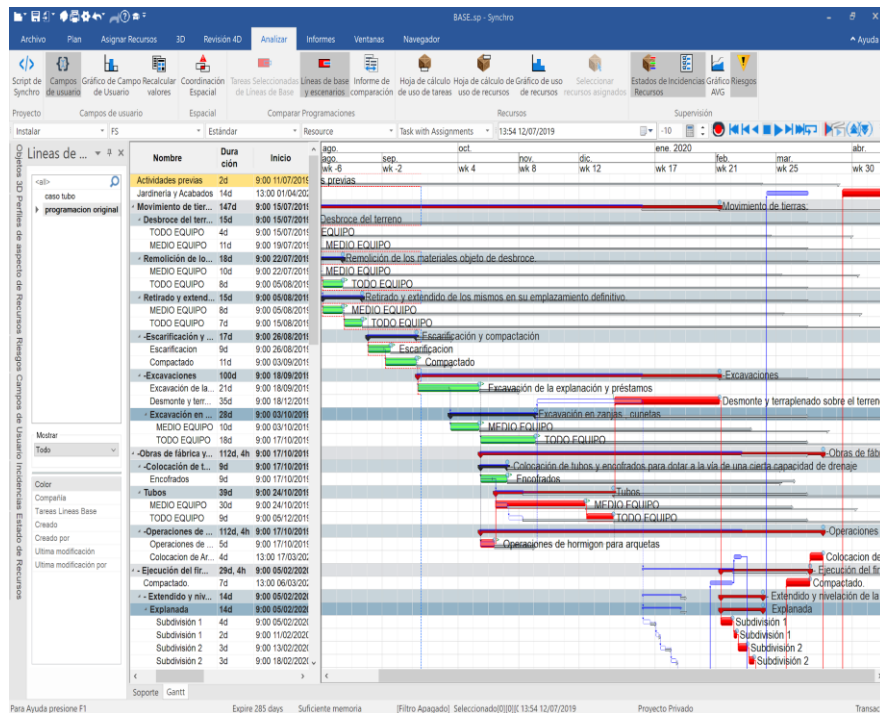


Ilustración 26: Ejemplo de comparación de programaciones con Synchro, en el diagrama de Gantt en azul programación original (Elaboración propia)

Rasgo a destacar del BIM 4D es que en cada actividad de la lista nos indica qué recursos 3D hemos importado y se les están asignados. El mismo software Synchro dispone de una biblioteca de recursos 3D para importar; los que en este proyecto se han utilizado para la recreación de los recursos de las actividades de la obra, además tenemos la opción de importar otros recursos 3D que queramos. Estos recursos 3D están ligados a la programación. Diferenciamos 4 tipos de recursos 3D; Recursos de Equipos, Recursos Humanos, Recursos Espacio y Recursos Materiales.

	Nombre	3D	Tareas	Nombres de Objetos 3D
<b>Recursos de Equipos 14</b>				
1 S...	Camión reparto de Ar...	1	Subdivisión 1, Subdivi...	CAT.dwf
2 S...	Bulldozer2	1	TODDO EQUIPO, MEDI...	Small Excavator.dwf
3 S...	DUMPER 2	1	TODDO EQUIPO, MEDI...	Detailed Dump Truck.dwf
4 S...	Camión emulsion Bit...	1	Subdivisión 1, Subdivi...	Fertiger.dwf
5 S...	Retros excavadora	1	MEDIO EQUIPO, TOD...	excavator.dwf
6 S...	Bulldozer1	1	TODDO EQUIPO, MEDI...	Bulldozer2.dwf
7 S...	Camión Riegos Impri...	1	Subdivisión 1, Subdivi...	Water truck.dwf
8 S...	Pala Cargadora	1	TODDO EQUIPO, MEDI...	Loader1.dwf
9 S...	Apisonadora	1	Compactado, Subdivi...	Apisonadora.dwf
10 S...	HORMIGONERA	1		Concrete Mixer.dwf
11 S...	Moto-niveladora	1	Subdivisión 1, Subdivi...	Explanadora.dwf
12 S...	DUMPER 1	1	TODDO EQUIPO, MEDI...	Dumper.dwf
13 S...	ESCARIFICADORA	1	Escarificacion	Large excavator.dwf
14 S...	Compacadora	1	Compactado.	Roller.dwf
<b>Recursos Humanos 2</b>				
16 S...	GRUPO 2	1	TODDO EQUIPO, MEDI...	Group of People1.dwf
17 S...	GRUPO 1	1	TODDO EQUIPO, MEDI...	Group of People1.dwf
<b>Recursos de Espacio 6</b>				
19 S...	CASETA DE OBRA	1	Actividades previas, M...	Site Cabins Single.dwf
20 S...	ASEOS	1	Actividades previas, M...	Portaloo.dwf
21 S...	Tree3	1	Jardineria y Acabados	Tree3.dwf
22 S...	SEGURIDAD Y SALUD 1	1	Actividades previas, M...	Road block.dwf
23 S...	Tree2	1	Jardineria y Acabados	Tree3.dwf
24 S...	SEGURIDAD Y SALUD 1	1	Actividades previas, M...	Construction barricade.d...
<b>Recursos Materiales 141</b>				
26 S...	IFC	141		
27 S...	PROYECTO	141		
28 S...	MODELO3D	141		
29 S...	Topografía	1	Actividades previas, M...	IfcSite_Superficie.20527...
30 S...	OBRA	140		
31 S...	obra	140		
32 S...	tuberias	52		
33 S...	Arbolado	26		
34 S...	Rotonda	16		
35 S...	Codostuberi...	40		
36 S...	Arquetas	6		

Ilustración 27: Listado de recursos del proyecto y algunas de sus propiedades,

El usuario designa qué tipo de recurso se incluye y en qué categoría y también el perfil de aspecto que tiene; pueden tener cuatro tipos de perfiles “**Eliminar, instalar, mantener, temporal**”, esto representa la manera en la que disponemos de estos recursos durante la obra y como aparecerán en la recreación. También se puede crear un nuevo perfil adjudicando cualquiera de los cuatro valores anteriores para tener un perfil específico para el uso de algún tipo de recurso. Los colores, transparencia, manera de aparecer... se puede configurar, luego este recurso es asignado a la actividad creando un vínculo.

	FOCUS TIME		
PROFILE	Before Task	During Task	After Task
INSTALL			
MAINTAIN			
REMOVE			
TEMPORARY			

Ilustración 28: Perfiles de apariencia de los recursos 3D de Synchro [14]

El modelo del proyecto es uno de estos recursos designado como recurso material y está organizado en forma de árbol ya que el modelo 3D está formado por diferentes geometrías también asignadas como recursos, estos son los que ligamos a la programación. Vinculamos cada parte del modelo 3D con la actividad que le corresponde, por ejemplo; si la actividad es “colocar tuberías” y tenemos en el modelo 3D las tuberías, en el listado de recursos, seleccionando en el modelo 3D seleccionamos las tuberías y a la vez seleccionamos la actividad y lo vinculamos a partir de “asignar recurso seleccionado”. De esta misma manera podemos vincular los recursos 3D importados. Una vez estén todos los recursos vinculados a todas las actividades podemos crear una recreación de la ejecución del proyecto.

ID	Nombre	Duración	Inicio	Final	Recursos	Detalles Preceder	
1	ST00020	Actividades previas	00	9:00 11/07/2019	9:00 11/07/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
2	ST00480	Movimiento de tier.	1214	9:00 18/07/2019	17:00 30/12/2019	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
3	ST00490	Desbroce del terr.	15d	9:00 18/07/2019	17:00 02/08/2019	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
4	ST00500	Medio EQUIPO	15d	9:00 18/07/2019	17:00 02/08/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
5	ST00530	TODOS EQUIPO	4d	9:00 18/07/2019	17:00 18/07/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
6	ST00590	Remoción de la.	18d	9:00 22/07/2019	17:00 14/08/2019	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
7	ST00550	Medio EQUIPO	10d	9:00 22/07/2019	17:00 02/08/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
8	ST00560	TODOS EQUIPO	8d	9:00 05/08/2019	17:00 14/08/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
9	ST00610	Retiro y entred.	15d	9:00 05/08/2019	17:00 20/08/2019	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
10	ST00079	Medio EQUIPO	8d	9:00 05/08/2019	17:00 14/08/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
11	ST00090	TODOS EQUIPO	7d	9:00 05/08/2019	17:00 20/08/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
12	ST00520	Escarificación y	17d	9:00 26/08/2019	17:00 17/09/2019	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
13	ST00130	Compactado	11d	9:00 03/09/2019	17:00 17/09/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
14	ST00140	Desbroce y tier.	25d	9:00 18/11/2019	17:00 30/12/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
15	ST00110	Excavación de la	21d	9:00 18/11/2019	17:00 09/12/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
16	ST00540	Excavación en	28d	9:00 03/10/2019	17:00 11/11/2019	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
17	ST00120	Medio EQUIPO	10d	9:00 03/10/2019	17:00 13/10/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
18	ST00130	TODOS EQUIPO	18d	9:00 17/10/2019	17:00 11/11/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
19	ST00580	Obras de fábrica y	87d	9:00 17/10/2019	17:00 14/02/2020	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
20	ST00590	Colocación de l.	9d	9:00 17/10/2019	17:00 26/10/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
21	ST00150	Encofrado	8d	9:00 17/10/2019	17:00 26/10/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
22	ST00160	Tubo	8d	9:00 26/10/2019	17:00 06/11/2019	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
23	ST00160	Medio EQUIPO	4d	9:00 26/10/2019	17:00 29/10/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
24	ST00170	TODOS EQUIPO	5d	9:00 30/10/2019	17:00 04/11/2019	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
25	ST00580	Operaciones de	87d	9:00 17/10/2019	17:00 14/02/2020	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
26	ST00190	Colocación de Ar.	4d	9:00 11/02/2020	17:00 14/02/2020	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
27	ST00180	Operaciones de	5d	9:00 11/02/2020	17:00 20/02/2020	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
28	ST00580	Excavación del fir.	30d	9:00 31/12/2019	17:00 10/02/2020	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
29	ST00040	Compactado	7d	9:00 31/01/2020	17:00 10/02/2020	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
30	ST00600	Explotado y mlt.	14d	9:00 21/12/2019	17:00 17/01/2020	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
31	ST00200	Explotado	14d	9:00 21/12/2019	17:00 17/01/2020	CASETA DE OBRA, AS.	0,00
32	ST00200	Subsuelo 1	2d	9:00 06/01/2020	17:00 07/01/2020	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
33	ST00280	Subsuelo 1	4d	9:00 31/12/2019	17:00 03/01/2020	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
34	ST00320	Subsuelo 2	2d	9:00 16/01/2020	17:00 17/01/2020	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
35	ST00310	Subsuelo 2	3d	9:00 15/01/2020	17:00 16/01/2020	CASETA DE OBRA, ASE	0,00
36	ST00300	Subsuelo 2	3d	9:00 08/01/2020	17:00 10/01/2020	CASETA DE OBRA, ASE	0,00

Ilustración 29: Actividad de compactada señalada en amarillo en la programación y a la izquierda listado de recursos indicando en amarillo los vinculados a la actividad (Elaboración propia)

Con el gráfico de Gantt, avanzando en el tiempo, se recrea la ejecución de actividades y a la vez podemos ver, en el modelo 3D, como aparecen o desaparecen los recursos. Una vez creada la recreación esta se puede gravar en forma de informe con detalles específicos, generales, diferentes puntos de vista, y diferentes planos de corte, diferentes velocidades para ver más en detalle ...lo que se llama un Hollywood BIM. Aunque realice estas recreaciones, como se ha especificado en apartados anteriores, Synchro es mucho más que el Hollywood BIM, este es un software muy completo de gestión de proyectos. Al tener toda la información vinculada (recursos de maquinaria y equipo, modelo 3D del proyecto, actividades, duración de estas). Como hemos explicado en apartados anteriores en la obra se solapan actividades, pero estas se ejecutan en los diferentes lugares de la misma obra, por lo que estas recreaciones también nos ayudan a comprender la planificación Espacio-Tiempo, ya que nos sitúa cada actividad en cada



momento, en el espacio del modelo, es decir, podemos controlar dónde estará cada maquinaria, o qué tramo del proyecto se estará ejecutando en la programación. Esto se puede recrear a partir de asignar un “Path”, que se entiende como una ruta a seguir, a cada maquinaria donde realizará el avance según la actividad se vaya desarrollando. También existe la posibilidad de dividir el modelo en diferentes secciones, una vez dividido vamos seleccionamos estas secciones con un orden específico, con las secciones ya seleccionadas determinamos la actividad a la que corresponde y el mismo software hace una subdivisión de la actividad según el número de secciones con cada sección de la modelo adjudicada a la subdivisión y así creando la recreación de manera más específica.

A modo de ejemplo explicativo, en la imagen adjunta siguiente, podemos observar cómo en dos días diferentes de la programación, el modelo 3D representativo de la obra se encuentra también en dos etapas diferentes, en la primera imagen se encuentra ejecutando la explanada y en la segunda se está en las operaciones de pintado.

Un detalle a añadir es que los recursos se pueden programar dentro de cada actividad, es decir, determinar % de una unidad de recursos / tiempo: 100% equivale a 1 recurso (por ejemplo, persona o máquina) funcionando a tiempo completo ,% del total de unidades de recursos disponibles / tiempo: el porcentaje ingresado es múltiple por el valor de Unidades disponibles , Número de unidades de recursos / tiempo: las unidades de recursos para humanos y equipos se especifican a continuación como formato de unidades de recursos (humanos y equipos); Las unidades de recursos materiales se especifican en Recurso.

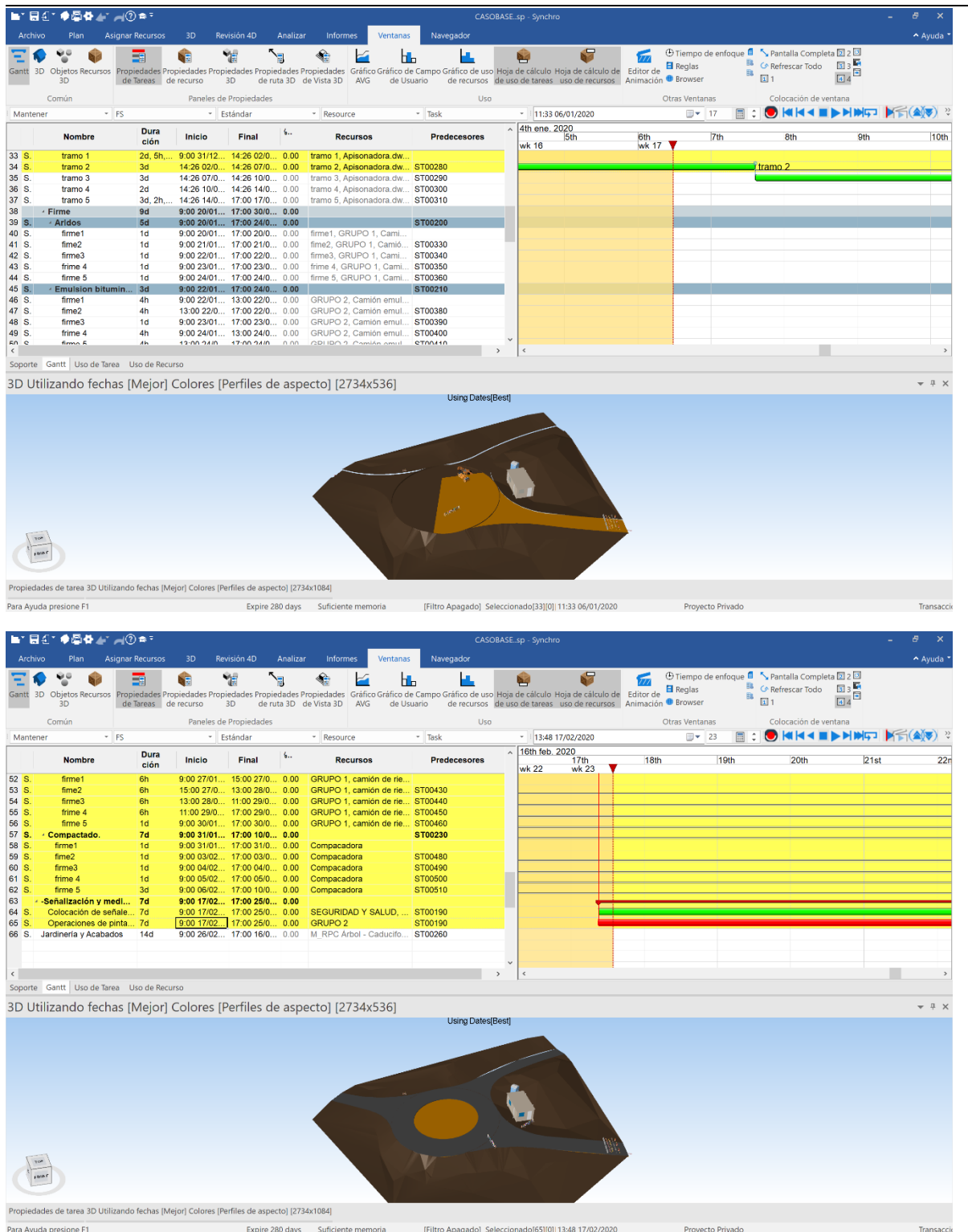


Ilustración 30: Ejemplo de los vínculos del modelo 3D con la programación (Elaboración propia)

---

Una de sus particularidades como software 4D es la detección de “Clashes” Synchro, capaz de monitorizar diferentes modelos, es decir, gestionar la unión de diferentes modelos 3D de diferentes disciplinas, por ejemplo, el modelo 3D de las instalaciones eléctrica y el modelo 3D de la estructura metálica de un edificio, y detectar, por ejemplo, si hay errores de colisión entre modelos. El comando para detectar estos “Clashes” se llama “coordinación espacial”. Se seleccionan los modelos a comparar y se ejecuta.

Synchro permite la edición o creación de objetos 3D si bien debemos decir que no es un software de modelaje por lo que sus herramientas son muy limitadas. Puede: crear cajas, cilindros, esferas, un panel donde se le pueden importar texturas, permite la exclusión de los objetos, eliminarlos o moverlos de lugar y rotarlos; también es capaz de escalar los objetos 3D, dividirlos en bloques y calcular las medidas de área y volumen.

Otra particularidad del software es la opción de añadir información extra. Tanto a los recursos como a las actividades se les puede añadir documentos. Esto es otra opción para obtener más información del proyecto ya que, por ejemplo, podemos incluir a cada maquinaria su ficha técnica, o a los trabajadores su ficha de trabajo o al modelo, los estudios realizados...

Synchro realiza informes (adjuntos en los anejos):

- 1) El informe de reprogramación, muy interesante todo él, ya que, como hemos dicho, este reprograma el calendario de las actividades frente a la cambios en la programación debido a posibles retrasos e incidencias... y además se le pueden realizar cambios de otros ámbitos, como en los recursos asignados, a medida que avanza el proyecto, por lo que nos crea un informe en el que podemos observar todos los cambio realizados, con una fácil exportación con la opción de “copiar texto al portapapeles” realizando un informe muy completos de los cambios en la obra.
- 2) Hoja de cálculo de uso de recursos: vemos reflejadas para cada maquinaria o equipo de trabajo las horas invertidas en cada actividad; las planeadas, las reales y las restantes si ya se estuviera ejecutándose esta y en qué día se realizan tales horas.
- 3) Hoja de cálculo de uso de tarea: nos indica de cada recurso cuántas horas ha invertido en cada tarea; cuando ha iniciado la tarea, cuando la ha terminado, el número de horas invertidas por actividad.

- 
- 4) Los informes 3D: hay varios tipos. Unos son los de imagen a pdf, con la opción “pdf 3D” eligiendo el “template” (plantilla previamente creada) de diseño que queremos como formato de pdf: nos realiza una captura de la pantalla que tenemos en ese momento abierta en el visualizador del modelo 3D, en ellos tenemos la opción de recorrer la obra como si estuviéramos allí o sobrevolarla, también nos da la opción de medir distancias. El otro tipo de informe es el Hollywood BIM, podemos grabar la recreación a partir de diferentes puntos de vista, velocidades, momentos.
  - 5) Informes tabulares: son aquellos donde encontramos toda la información relacionada en tablas. Esta información es la que se halla en las columnas de programación, sea ya la holgura trasera total, si la actividad es crítica, el ID de la actividad, los recursos asignados, el % completado...la podemos seleccionar y crear nuestras propias plantillas de información.
  - 6) Informes de “Clashings”, una vez realizado los “Clashings”, el mismo Synchrono nos crea un informe, exactamente no da la opción de exportar cada uno de los “clashes” en formato pdf, pero este contiene una imagen 3D con el error en concreto aislado del resto del modelo.
  - 7) Informe de chequeo: se ejecuta un informe de “*verificación de salud en un proyecto.*” Ejecutando una serie de 11 pruebas, proporciona un cronograma en el que se muestra los recursos faltantes, la lógica faltante, las actividades perdidas, etc. Este se encuentra en el panel de Informes en “*programar chequeo*” y se puede imprimir o exportar en PDF o Excel u obtener una vista previa. [14]
  - 8) Comparar programaciones: si se quiere un informe comparativo entre diferentes programaciones Synchrono también nos los crea. Puede realizar una comparativa con una programación externa, o una comparativa con una “BaseLine”, este informe nos proporciona información sobre las diferencias entre programaciones.

El principal objetivo del Synchrono es la cuarta dimensión BIM, que ya ha demostrado que es mucho más que el manejo del tiempo. Como ya se ha especificado en otros apartados Synchrono también gestiona otras dimensiones de manera muy sencilla; el 3D y la quinta dimensión, el coste. En este podemos hacer unos cálculos aproximados para obtener el **coste total presupuestado** o el **coste directo presupuestado**; imponiendo directamente un precio fijo a la actividad o al definir el coste por horas /días e igualmente al recurso precio fijo, por horas, por

días o por unidades, y si no es un precio fijo, al recalcular la programación, también recalcula el coste.

### 5.3.1.2. La Rotonda en Synchro

Se pasa a analizar el caso “BASE” de la rotonda en particular con el software Synchro. También supondremos que el análisis se realiza en el día 22/11/2019.

Anteriormente, al analizar el mismo caso con Microsoft Project hemos observado gracias a la gráfica de Gantt las particularidades de la programación del proyecto, por lo que al haber importado directamente esta a Synchro podemos observar los mismos rasgos del proyecto. Las actividades con su información relacionada seleccionada como puede ser los recursos asignados el % de actividad completada..., en la gráfica; en azul las tareas ya realizadas, en verde las planeadas y señalado en rojo la ruta crítica.

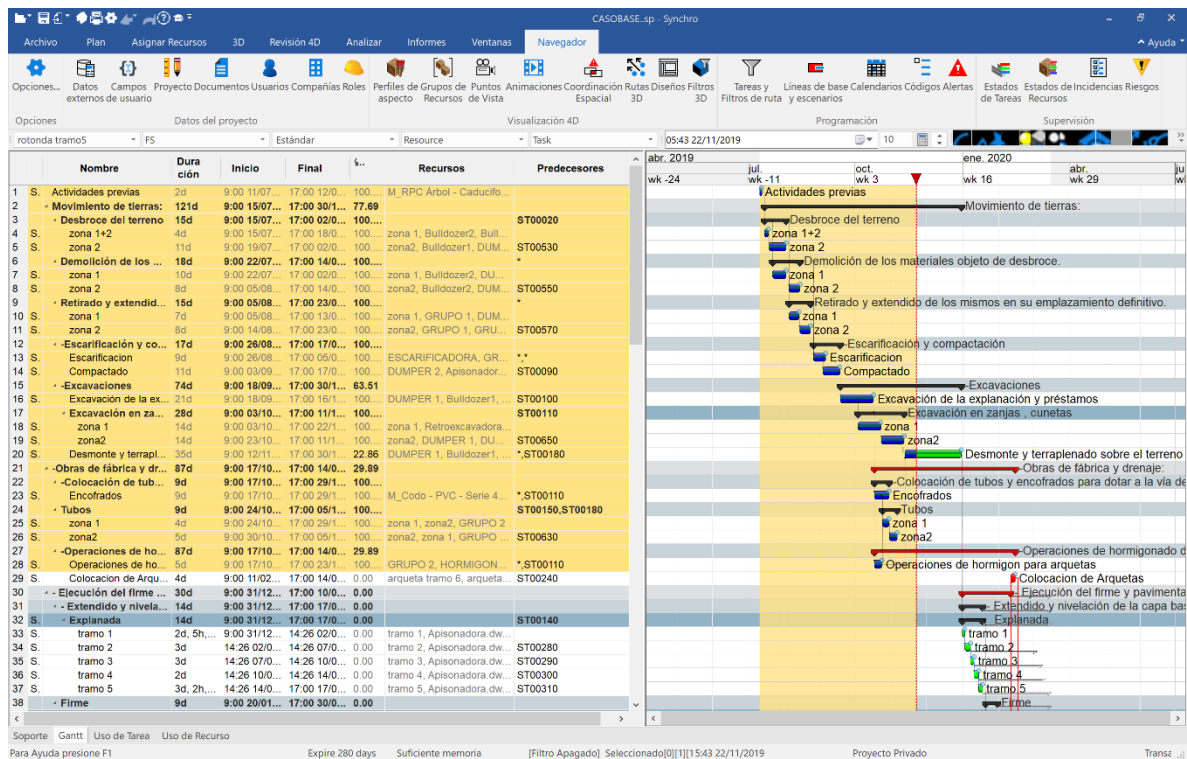


Ilustración 31: Programación caso "rotonda" software Synchro (Elaboración propia)

Si deseamos saber de qué categoría es cada recurso asignado (equipo, humano, materia o espacio) lo podemos consultar en las propiedades de los recursos, al igual que el tipo de perfil de aspecto tienen, por ejemplo, sabemos que la maquinaria, como puede ser el dumper 1, es equipamiento de perfil temporal, en cambio la caseta de obra es un espacio que tiene un perfil de “mantener”.

Entrando en las particularidades que nos aporta Synrho como software BIM, la más importante la posibilidad espacio/tiempo, podemos observar la sincronización de equipos y en qué zona de la obra debería estar ejecutándose cada actividad, esta se ha dividido con el editor de 3D en dos zonas en cuanto a topográfica, la zona 1 y la zona 2 y en cinco tramos la zona de pavimento para crear una diferenciación para la correcta articulación de la obra, cosa que ayuda mucho al jefe de obra para agilizar la planificación *in situ*.

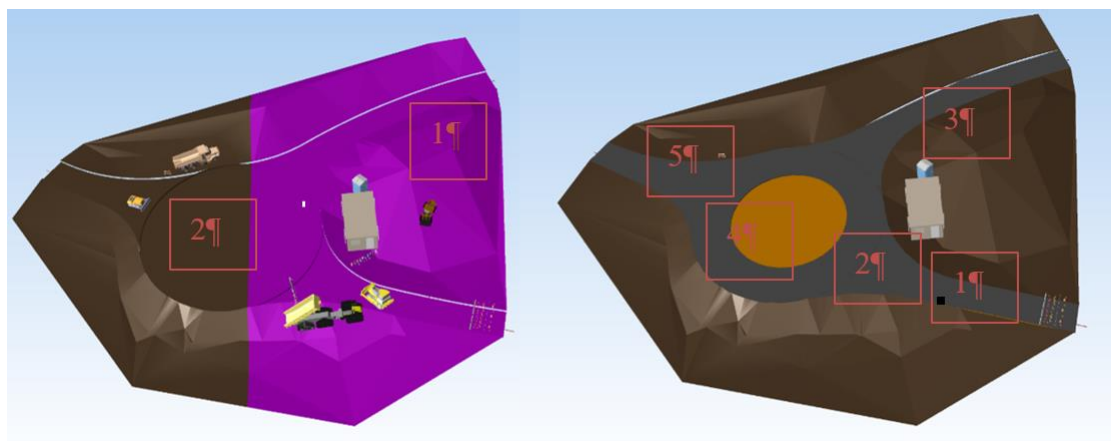


Ilustración 32: Imágenes ilustrativas de las zonas de la rotonda; imagen de la izquierda zona 1 en fucsia, zona 2, imagen de la izquierda zona 1,2,3,4, y 5 de la explanada y pavimento (Elaboración propia)

En la ilustración anterior podemos observar que se está ejecutando el movimiento de tierras, que como podemos también comprobar en el listado de actividades; esta la ejecutar el Dumper 1 el Dumper 2, el bulldozer 1 el bulldozer 2 y el equipo1 y el equipo2, pero además sabemos en qué zona de la obra debe estar cada maquinaria y que ruta debe seguir cada una para no sumar tiempo extra de espera al cruzarse rutas. Si avanzáramos al largo de la obra vemos la ruta total que debe ejecutar cada máquina y cuando está y cuando no en obra.

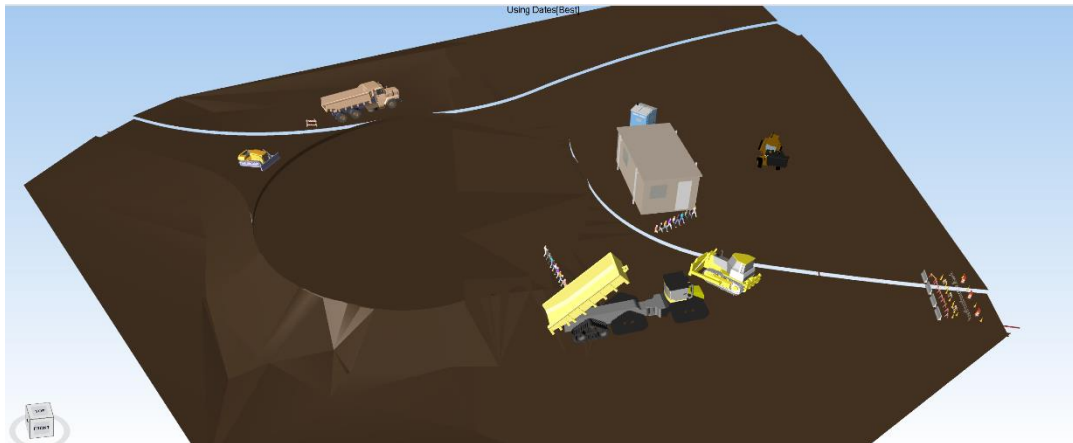


Ilustración 33:Recreación 3D de la planificación a día 22/11/2019 (Elaboración propia)

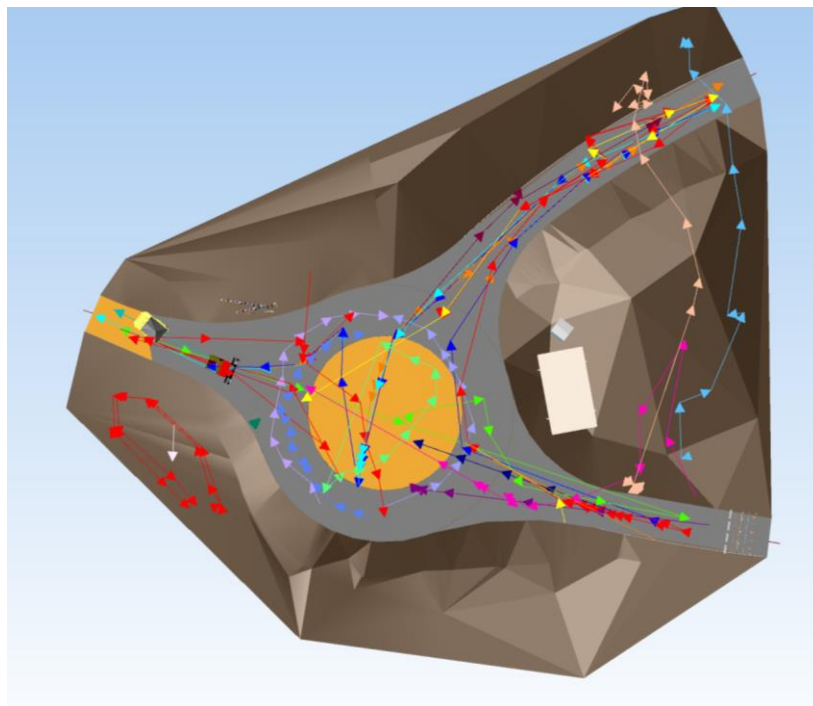


Ilustración 34:En diferentes colores, rutas o "paths" de toda la maquinaria del proyecto (Elaboración propia)

De los informes que nos realiza Synchro también obtenemos mucha información. Gracias a la hoja de cálculo de recursos (esa que nos da información sobre el uso de cada recurso), por ejemplo, que la retro excavadora solo realiza 224h de día 03/10/19 al 11/11/19 pues podemos prescindir de ella en la obra fuera de este proyecto, cosa muy importante a tener cuenta, por ejemplo, si queremos realizar recortes en el presupuesto. En la hoja de cálculo tareas (esa que nos da información sobre los recursos necesarios en cada actividad)

vemos horas restantes, por ejemplo, de la actividad que se está ejecutando en este caso los desmontes y terraplenes, vemos que quedan 27 días de ejecución.

Con el informe de chequeo observamos que destaca que no hemos asignado una programación de recursos dentro de la actividad, ya que hemos determinado que todos los recursos trabajan al 100% en cada actividad para simplificar la planificación. También vemos las actividades sin lógica, en nuestro caso la inicial y la final, pero si encontrara errores de lógica sería una buena manera de observarlos. También nos indica que tareas quedan solapadas y la relación que tiene entre ellas. En nuestro caso quedan solapadas, pero en las diferentes zonas del proyecto, pero siempre será de ayuda para saber las diferentes actividades que se deben gestionar a la vez.

Los informes 3D generados nos aportan una visión en forma de informe del proyecto en una fecha concreta, en nuestros casos si queremos observar cómo debería estar el estado de ejecución de tuberías o adjuntarlo como documento importante al jefe de obra de manera detallada para la correcta instalación de estas. Este informe nos permite mover el modelo como nos interese. Así podemos observar que las tuberías están instaladas de manera perpendicular en el centro del carril, volteando la rotonda y que las arquetas aún no están colocadas.

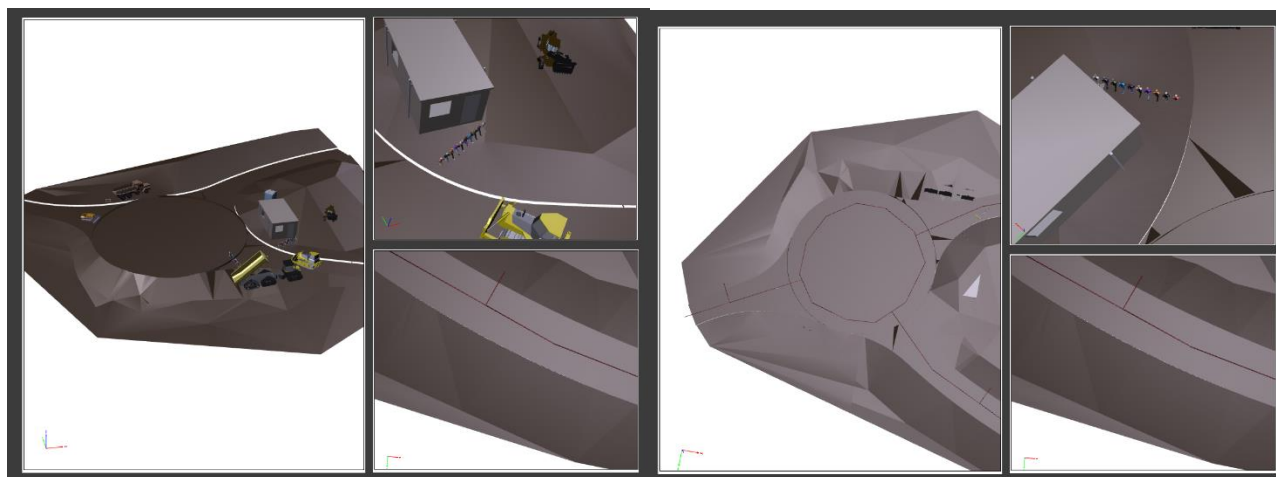


Ilustración 35: Visualización de informe 3D a día 22/11/2019 con detalle de la red de drenaje, se observan dos perspectivas del mismo informe (Elaboración propia)

Como el documento no se puede visualizar la recreación 4D, a continuación, se puede observar una secuencia de algunas imágenes clave de cómo se crea la rotonda.



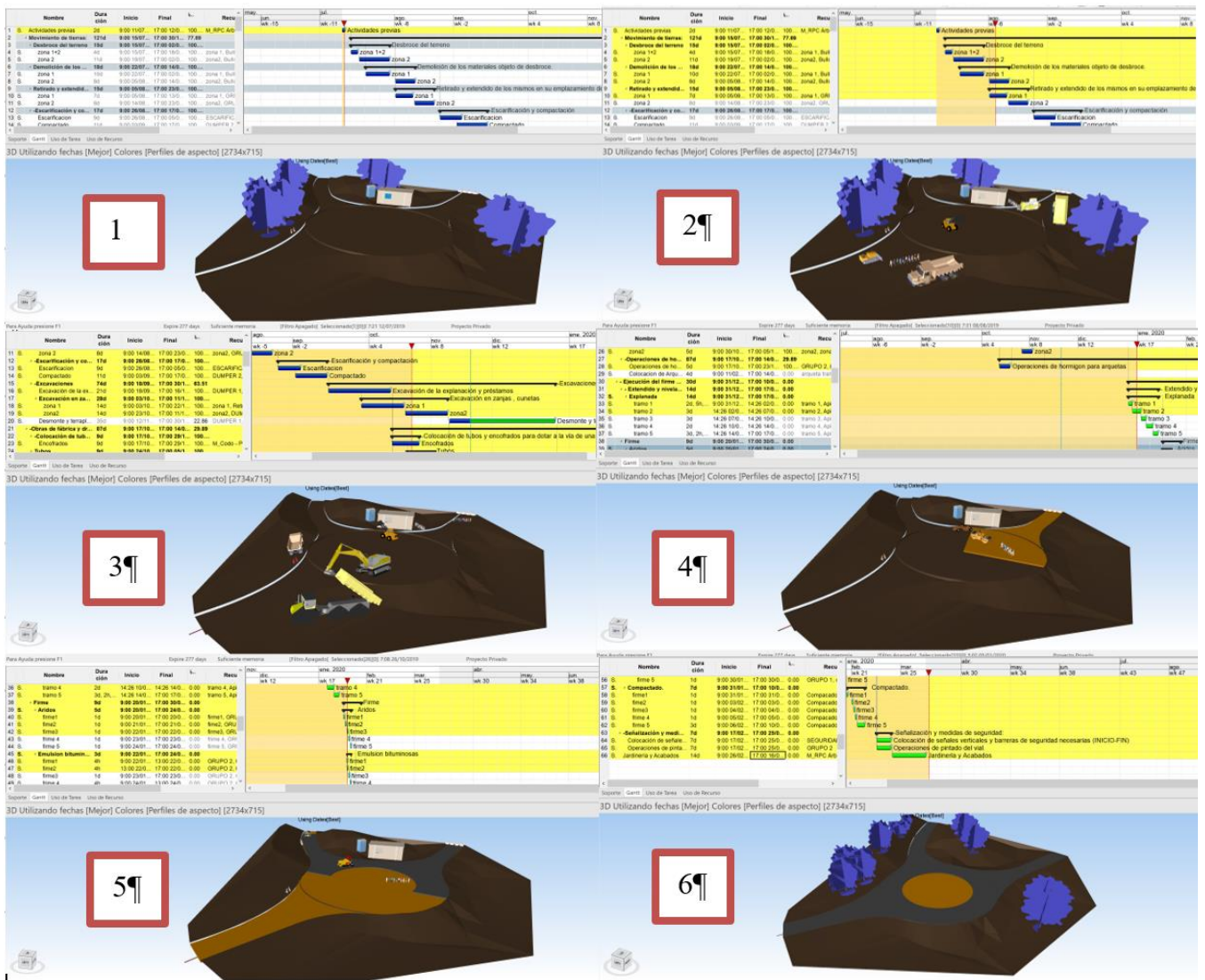


Ilustración 36: Secuencia de imágenes de la recreación 4D de la ejecución de La Rotonda (Elaboración propia)

La primera imagen representa la fase de “actividades previas”, continua con la fase de “movimiento de tierras”, seguidamente pasamos a las “zanjas y encofrados”, continuamos con la “ejecución de la explanada” seguidamente “ejecución del firme”, para finalizar con la rotonda ya terminada.

---

## 5.4. Cambios en la Planificación

Para hacer esta comparativa más real y conocer si puede tener realmente más ventajas el BIM 4D sobre la planificación que hemos analizado anteriormente, se analizan cuatro casos prácticos con los que nos podríamos encontrar perfectamente en un proyecto, ya sea en la fase de ejecución como en la de proyecto en sí; estos supuestos son contratiempos que modifican la planificación y se trata de analizar como estos softwares se enfrentan a estos cambios y qué nos aportan en cuanto a sus soluciones.

Primero presentaremos los cuatro casos de estudios.

En el primero de los casos plantea un problema con el suministro de materiales, es decir, el proveedor no hace entrega de las tuberías de drenaje necesarias porque ha habido un problema de presupuesto y esto provoca que no se realice la entrega. El día justo que se debe empezar la colocación de tubos es el día 24/10 y el problema se alarga hasta 30 días más por discusiones con el proveedor, cambios de presupuesto, cambios en el proyecto... finalizando la tarea día 17/12; en definitiva, toda la obra ha sido parada porque los tubos se colocan previamente, antes de empezar con los desmontes y terraplenes para empezar la explanada.

El segundo caso trata de un problema climatológico, debido a las lluvias del 17/10/19 al 24/10/19 que provocan que la obra se ha vea parada, solo durante una semana.

El tercero de los casos se refiere al control de calidad: al realizar el terraplén este ha sufrido asentamientos no esperados por lo que no ha superado el control de calidad necesario por lo que debe volver a excavar parcialmente y volver a construir. Esto incrementa el tiempo de la fase de excavación que es una de las fases que más tiempo conlleva en la ejecución. Exactamente se calcula que se suman dos semanas para toma de decisiones y una semana más para rehacer el terraplén.

El cuarto y último cambio es debido a factores externos al proyecto, debido a que la administración recorta el presupuesto y por ello se ha decidido mantener un tramo el cual estaba planeado rehacer, por lo que el volumen del proyecto se reduce y se realizan menos +PK.

---

## 5.4.1 Resultados de las nuevas planificaciones

### 5.4.1.1. Microsoft Project

#### **PRIMER CASO:**

Tema “TUBERÍAS”: un retraso de 30 días en la planificación. Estando planificado el caso base partiendo de que las tuberías se colocaran del 24/10/19 al 05/11/19, en 9 días lectivos, se empieza el día 24/10/19 y se termina el 17/12/19 a consecuencia de dicho retraso.

Gracias al Grafico de Gantt, que nos aporta valor visual a la planificación, vemos rápidamente que la ruta crítica ha cambiado. Debido a la nueva demora observamos que han surgido nuevas actividades críticas, previas a la instalación de los tubos, puesto que sin los tubos no se puede empezar los desmontes y terraplenes; la holgura que existía ha desaparecido por lo que ahora se une a la ruta crítica y los tubos tampoco pueden ser colocados hasta que estén terminadas las tareas de hormigonado en las que colocaremos las arquetas ya que el equipo 2 es necesario para ambas actividades; el hormigonado también se transforma en una actividad crítica junto con la excavación de la explanada y el compactado previa, todas con holgura 0.

Esto es muy fácil de analizar gracias a que podemos ver como en la columna de demora de fin pasa a tener valor 0 días, es decir, sin holgura.

La otra manera de mirar los cambios directamente es a través del diagrama de Gantt de seguimiento, en el que se observa la línea base (en gris) y la nueva planificación, comparando las diferentes fechas programadas según el cambio producido, las actividades ya realizadas ya no aparecen como ruta crítica. En la gráfica de Gantt de seguimiento también nos indica el % de actividad realizada.

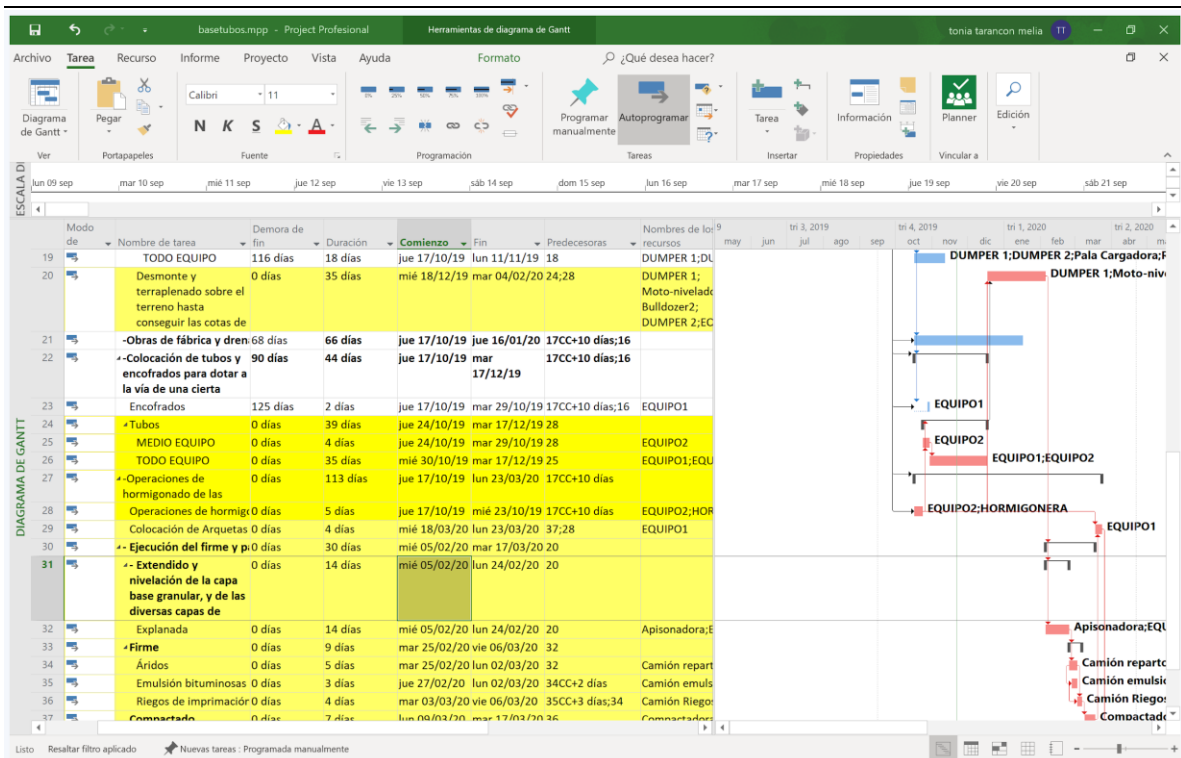


Ilustración 37:Planificación caso “tuberías”, en rojo columna de holguras, sin que la obra haya avanzado, ruta crítica en rojo (Elaboración propia).

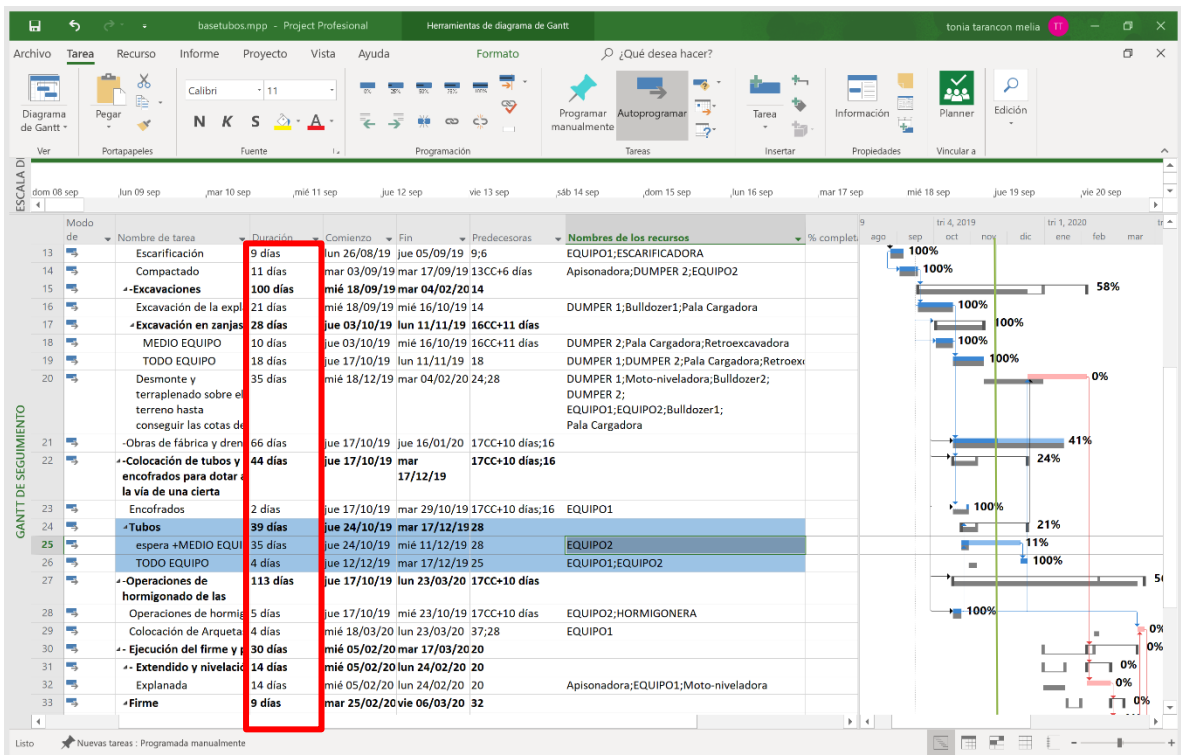


Ilustración 38:Planificación caso "tuberías" a día 22/11/19, comparativa con la línea base (Elaboración propia).

---

Además, como en el caso base, podemos analizar también los informes que nos genera directamente Microsoft Project.

Si seguimos con el supuesto, estamos a día 21/11/19 y analizamos los informes en los que aparecen también cambios; nos encontramos en el momento de la demora por la falta de suministración de tubos y sabemos que tardarán 30 días en arreglarse los trámites y 9 días en introducirlos, así que estamos, de momento, aún en fase de tramitación y nuestra actividad está sin empezar, esto lo vemos reflejado también en el informe, en el “*información general del proyecto*”; debido a este imprevisto la obra se ha visto retrasada hasta día 21/04/20.

Los informes obran adjuntos en el apartado de anejos.

## SEGUNDO CASO:

Cuestión “LLUVIAS” es un caso muy común con el que nos podemos encontrar en cualquier obra de cualquier tipo. Está a diferencia del caso anterior provoca una demora de solo una semana. Esta demora se produce del día 17/10/19 al día 24/10/19 debido a que, no simplemente ha llovido, sino que se ha enfangado todo y hay que esperar a que se drene el exceso de agua, por lo que toda la obra queda parada. Esto afecta al inicio de las actividades de encofrado y de hormigonado para las arquetas, que en lugar de empezar día 17/10/19 no lo hacen hasta el 25/10/19.

Siguiendo el mismo análisis que el caso anterior, tomamos la planificación general y observamos el diagrama de Gantt, nos encontramos con un caso muy parecido, las mismas actividades críticas pero esta vez con solo con una semana de demora. Volvemos analizar las holguras y efectivamente llegamos a la conclusión que son muy delicadas, que un pequeño imprevisto nos cambia la planificación. Con el diagrama de Gantt de seguimiento y la comparativa con la línea base lo apreciamos muy claramente. Esto nos hace reflexionar sobre la opinión de los expertos entrevistados, sobre los softwares de planificación, que pocas veces, por decir nunca, se ajustan a la realidad.

Al ser la demora tan pequeña, aunque si haya afectado al camino crítico de la planificación, observamos que el fin de obra es muy similar al del caso base; terminando día 18/03/20 en lugar del 16/03/20, teniendo en cuenta la sincronización de actividades al

---

final la diferencia es mínima. De los informes extraemos los mismos datos que en los otros casos.

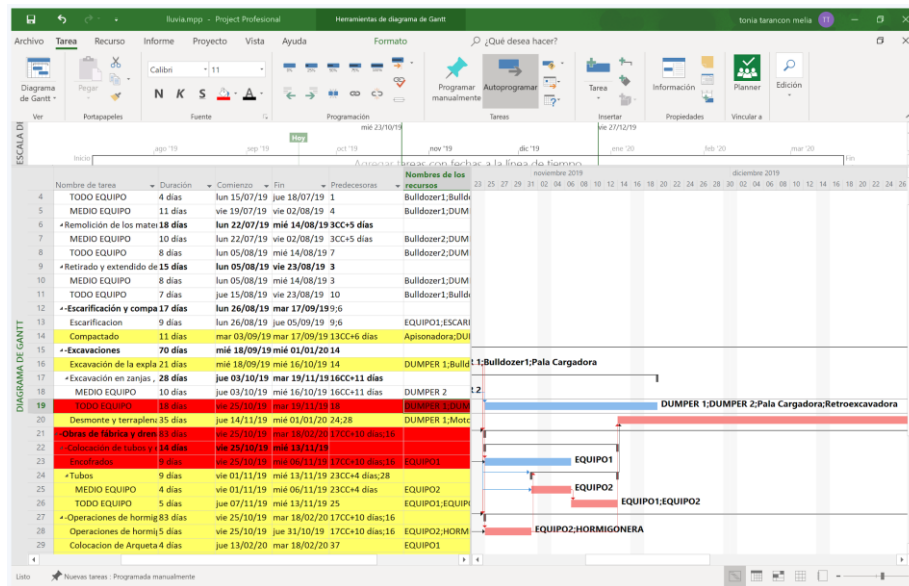


Ilustración 39:Planificación caso lluvia, detalle demora en rojo subrayado (Elaboración propia).

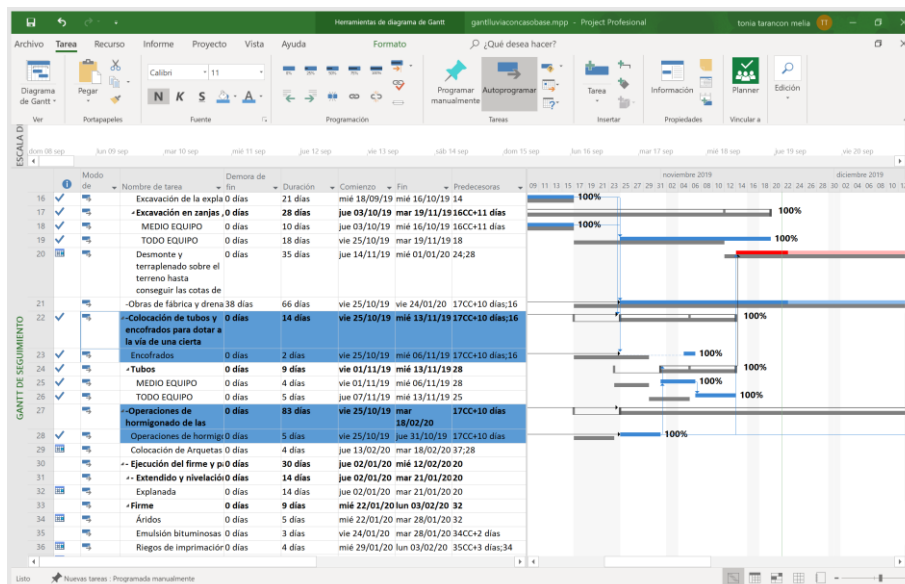


Ilustración 40:Planificación caso "lluvia "a día 22/11/19, comparativa con la línea base en detalle las actividades retrasadas debido a la demora (Elaboración propia).

### TERCER CASO:

Lo señalamos como caso “CALIDAD” y es otra tipología de problema. Tras finalizar los terraplenes y desmontes, comparecen en la obra los inspectores a comprobar la calidad de estos trabajos. Los inspectores detectan unos terraplenes que tiene más asentamientos de los debidos por lo que el control de calidad no se supera. En este caso lo único que se puede hacer es demoler los terraplenes que no superan el control y volverlos a hacer. Sabemos que, entre toma de decisiones, su vuelta a excavar y construcción, se tardan unos 21 días.

En este supuesto debemos modificar la lista de actividades de la programación, podríamos hacer un bucle o crear una nueva actividad destinada a la reconstrucción. Optamos por la segunda opción. Eso supone añadir una actividad, seguida de los desmontes y terraplenes donde sumamos todo el tiempo necesario para ello y 21 días se consideran suficientes. Esta nueva actividad queda integrada en el camino de la ruta crítica, ya que precede a los desmontes y terraplenes; la primera actividad crítica y sin holguras es añadida para que justo cuando termine se prosiga con la ejecución de la obra. Con el Gantt de seguimiento observamos que la ruta crítica se mantiene igual que el caso base simplemente con el añadido de la nueva actividad.

Vemos que el final la obra se retrasa aproximadamente un mes. El resto de la ejecución de obra ha seguido igual, las mismas relaciones entre actividades, la misma duración que en el caso base, simplemente un añadido de una actividad intermedia que no cambia más que un añadido de tiempo y evidentemente de presupuesto.

Para día 21/11 está programado “desmonte y terraplén” por lo que aun la planificación no se ha visto afectada por la futura reconstrucción, así que los informes del momento saldrán iguales que los del caso Base.

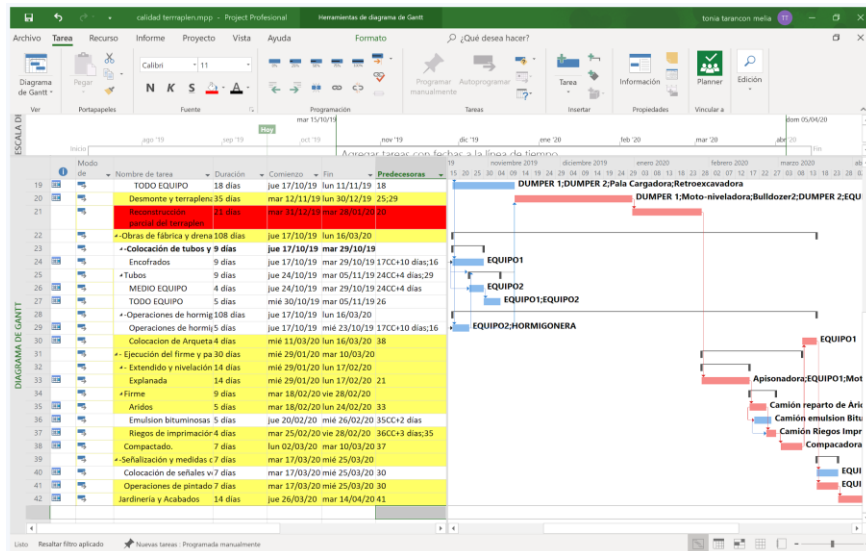


Ilustración 41: Planificación calidad, detalle de actividad añadida en rojo (Elaboración propia)

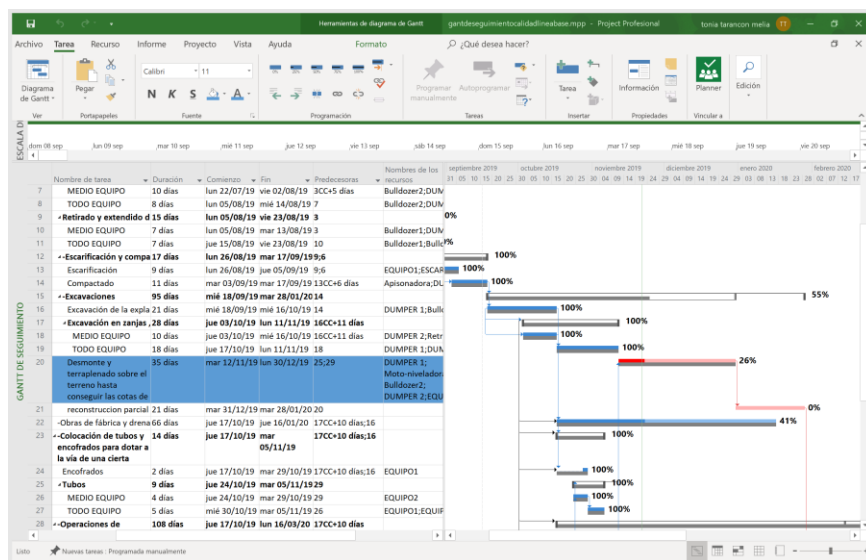


Ilustración 42: Planificación caso "calidad" a día 22/11/19, comparativa con la línea base en azul la actividad añadida (Elaboración propia).

Prever este tipo de incidencias es muy complicado pero está más pautado el procedimiento a seguir, es decir, la lluvia es impredecible y no sabes cómo seguirá y a un proveedor al final no es fácil de controlar, pero el correcto procedimiento de construcción y la revisión de éste es un paso más en el seguimiento de la planificación por lo que, si todo está bien programado y no se sale de lo establecido, es más evitable que si no lo está, aquí que una buena planificación de obra y un buen plan de actuación frente a estos incidentes ahorran mucho tiempo y dinero a la obra.



## CUARTO CASO

El último supuesto de estudio, caso PK, por la administración se ha comunicado que uno de los tramos que estaba previsto reconstruir no se ejecutará y se mantendrá el que existe debido a una cuestión de recortes de presupuesto, pues reduciendo el volumen de la obra se ahorran mucho dinero.

Esto supone un gran cambio en la programación de calendario ya que debido a que ese tramo suponía un cuarto de la obra a ejecutar, la obra se reduce proporcionalmente un cuarto de su tiempo, es decir, todas las actividades se reducen, también suponiendo un gran ahorro de presupuesto.

Antes de todo, dejamos constancia de que, al adelantar el calendario, queda eliminada la restricción de no poder empezar los terraplenes y desmontes hasta el día 12/11/19 debido a la motoniveladora, de no ser así invertiríamos mucho tiempo sin que la obra avanzase, así que traemos las motoniveladoras a la obra desde un principio.

El listado de actividades se mantiene igual ya que es la misma obra, pero con menos PK, igual que los recursos pues la sincronización de actividades y relaciones entre ellas también se mantiene y son necesarios para no estar esperando ejecutar la siguiente actividad.

La obra se inicia día 11/07/19 y se finaliza el 07/01/20 y aunque siga el mismo esquema que el caso “BASE”, sin imprevistos ni parones de la programación, ésta tiene una ruta crítica diferente pues, insistimos, las holguras son muy delicadas y la duración de las actividades influye. Si a una actividad le preceden dos actividades, según la duración de una o de la otra, ésta empezará en una fecha o en otra; por ejemplo: en este caso el inicio de “*los encofrados y las operaciones de hormigonado*” dependen tanto del inicio a los 7 días de haber empezado las zanjas, ya que a los 7 días uno de los tramos ya estará liberado, pero también depende del fin de la “excavación de la explanada y préstamos” definitiva. En el caso “base” el inicio viene delimitado por las dos restricciones a la vez, coincide que uno termina el mismo día que podría empezar, por el tipo de relación que tienen, pero en este caso sí que hay un delimitante: hasta que no termina la actividad de la excavación de la explanada no podemos empezar los “*los encofrados y las operaciones de hormigonado*”. Observando el Gantt de seguimiento.

Entonces concluimos que, aunque se mantengan el mismo esquema de actividades y la misma relación entre ellas, no significa que tengan la misma ruta crítica. Cada programación es un caso completamente diferente de otro, por lo que se debe tomar mucha atención a los detalles y no dejarse engañar por la similitud de proyectos.

Los datos obtenidos se encuentran en el apartado de anejos.

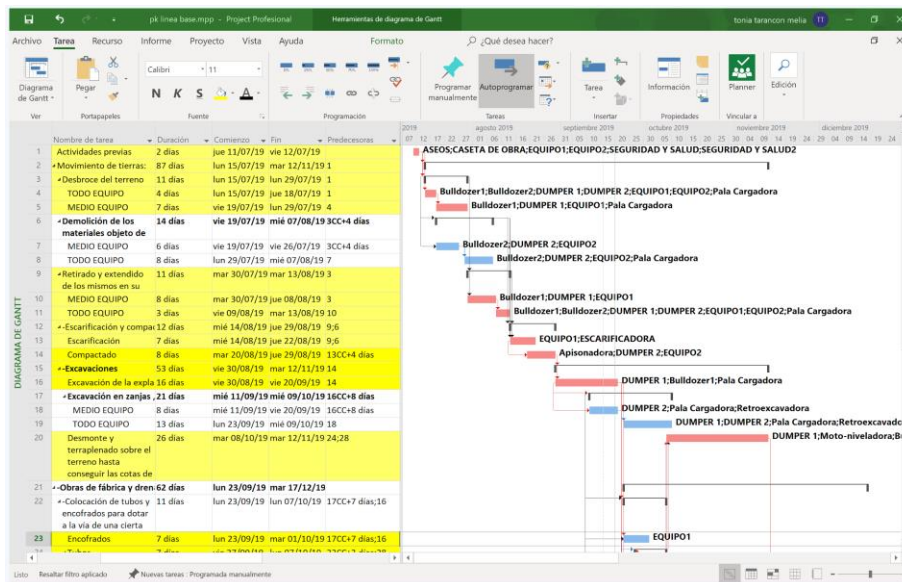


Ilustración 43: Planificación caso PK, indicadas las actividades críticas (Elaboración propia)

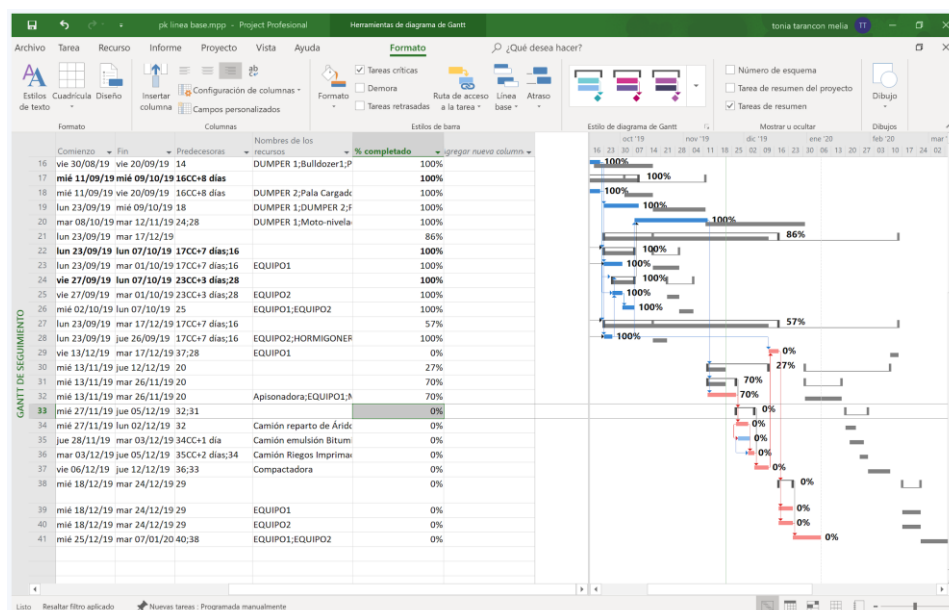


Ilustración 44: Planificación caso "PK " a día 22/11/19, comparativa con la línea base donde se observa la reducción del tiempo de la obra (Elaboración propia).

### 5.4.1.2. Synchro

#### PRIMER CASO:

Empezando por el caso "TUBERÍAS", con Microsoft ya hemos observado los cambios que se ha producido en la planificación debido a la demora de 30 días en la ejecución de tuberías por la falta de suministro de material con la ayuda de la gráfica de Gantt y la gráfica de Gantt de seguimiento con línea base, donde hemos identificado los cambios producidos en la ruta crítica.

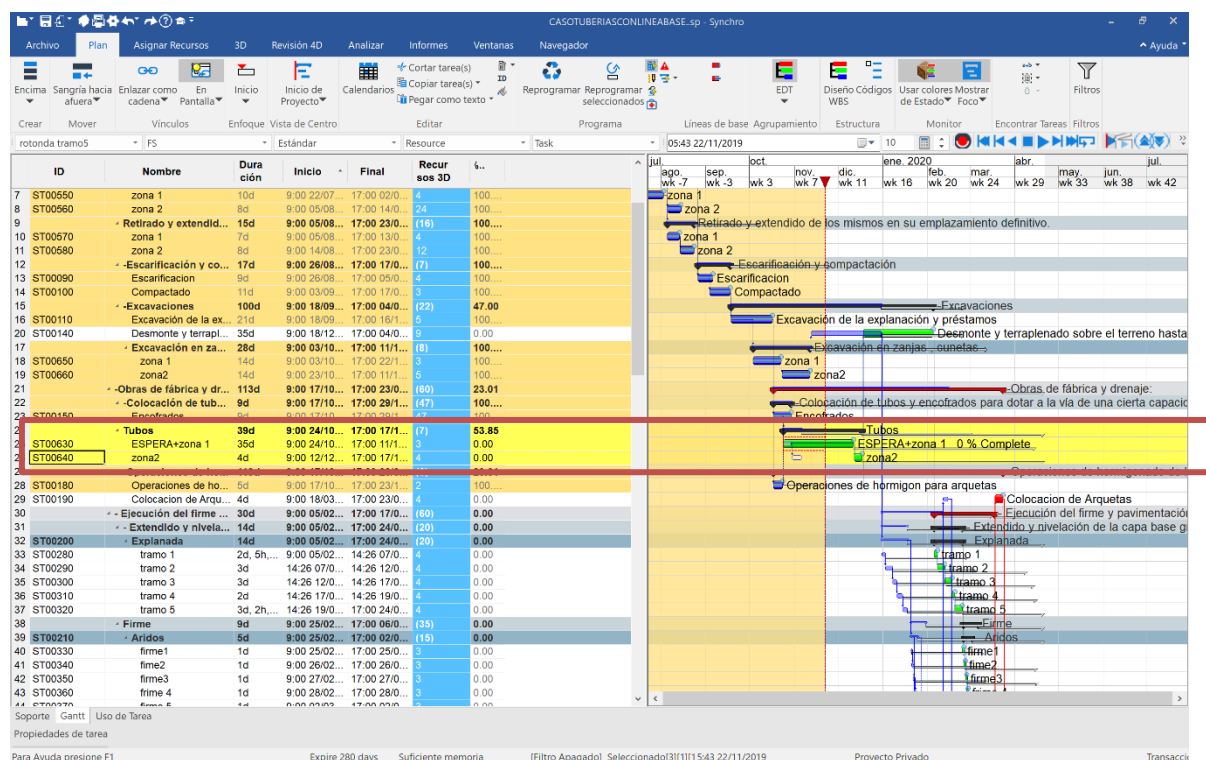


Ilustración 45: Caso "tuberías" Cambios en la planificación debido a la demora, en verde la nueva planificación, en azul la línea base y en rojo la ruta crítica (elaboración propia)

En Synchro, aparte de observar visualmente los cambios de programación, existe la opción de realizar un informe de reprogramación que nos dará la información de la nueva programación, los detalles del proyecto, la relación entre actividades, sus propiedades...y también nos realiza un informe comparativo, en nuestro caso hemos comparado con el caso "BASE" a través de la línea base que habíamos creado. Con este informe realmente

podemos observar los cambios en la programación producidos. Se puede observar un informe realmente completo como los cambios de fecha de inicio y fin de todas las actividades, los cambios de restricciones si las había, como en nuestro caso el inicio de terraplenes y desmontes de día 12/11/19 o ninguno ya que esta actividad empieza posteriormente a tal fecha, los inicios tempranos, es decir, si podrían empezar antes de la fecha programada y finales tardíos (si podrían terminar después de la fecha establecida sin que se realicen cambios en otras actividades), los cambios de holguras totales traseras , (como en las obras de la zona 2 de la colocación de tubos que pasa a ser de 0 a 90 días o holguras totales delanteras , que en el caso del pavimento pasa a ser de 0 a 75 días) , el estado de las actividades, el desmonte y terraplenes ya deberían estar iniciado y ahora aun está “planeado”... y muchos más datos, cuyo conocimiento nos ayudara a la toma de decisiones, por ejemplo, cuándo traer el materia, si se necesitan equipos de refuerzo ...

El 3D es una ayuda visual, en el que podríamos observar, si fuera el caso, si esta demora en una actividad produce cambios de sincronización en los equipos de trabajo y rutas de las maquinarias, sobre todo si esta no fuera lineal y contara de muchas actividades paralela donde se podría estudiar cómo afecta el cambio a la coordinación de actividades. En nuestro caso podemos observar la recreación del caso base y la actual a la vez y ver cómo cambia, ahora solo se ve que la rotonda queda parada.

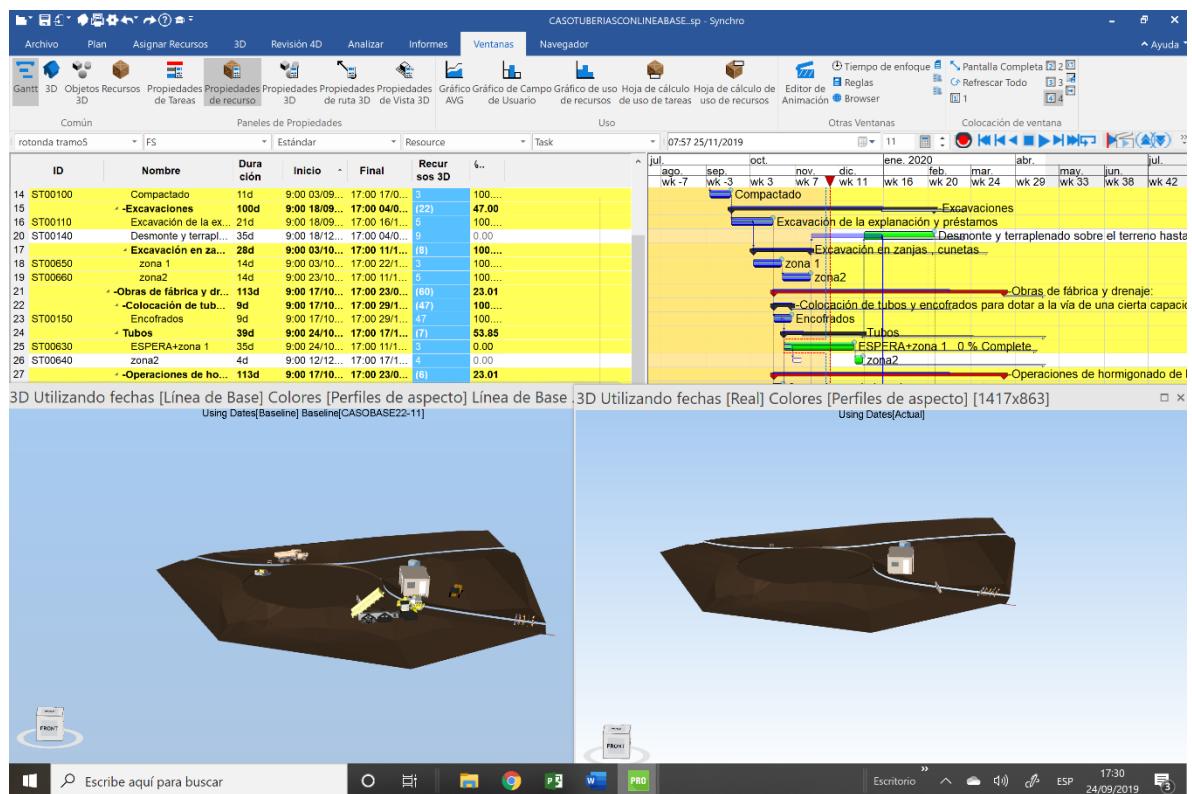


Ilustración 46: Comparativa de visiones 3D, a fecha de 22/11/19, a la derecha caso “tuberías” a la izquierda “línea base del caso “base” (Elaboración propia)

Los datos de los informes se encuentran adjuntos en el apartado de anejos.

## SEGUNDO CASO:

Se procede al análisis del caso “LLUVIA”, utilizamos la misma metodología que para el caso “tuberías”.

Los resultados del cambio de programación obtenidos a partir de la gráfica de Gantt son los mismos que con Microsoft Project, también vemos los cambios en la ruta crítica, ya que existe una holgura muy delicada que, aunque solo sea una semana, produce un cambio en esta, pero a la vez se observa como la fecha final tampoco tiene gran variación ya que, en una obra lineal, una demora de una semana no afecta tanto, solo aplaza de manera insignificante los plazos.

Analizando los cambios a partir de los informes de reprogramación y de comparación de actividades observamos cambios, pero de escala muy pequeña, como cambios de la duración de algunas actividades de 3 o 4 días.

Por lo que podemos determinar que no es de gran importancia en una obra los cambios de programación y planificación en pequeña escala, pero estos informes siempre serán de ayuda y facilitarán el trabajo en caso de necesitar dejar constancia de tales cambios.

Duración			
	-Operaciones de hormigonado de las arquetas	83d	87d
	-Obras de fábrica y drenaje:	83d	87d
	-Excavaciones	70d	74d
	Movimiento de tierras:	117d	121d
Duración Planificada			
	-Obras de fábrica y drenaje:	83d	87d
	-Excavaciones	70d	74d
	Movimiento de tierras:	117d	121d
	-Operaciones de hormigonado de las arquetas	83d	87d
Duración Real			
ST00140	Desmote y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista	6d	8d
Duración restante			
ST00140	Desmote y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista	29d	27d
Final			
	-Excavaciones	17:00 01/01/2020	17:00 30/12/2019

Ilustración 47:Detalle del Informe de comparación de programaciones (Elaboración propia)

**TERCER CASO:**

Procedemos a analizar el Caso “CALIDAD”, aquel en el que los terraplenes son reconstruidos parcialmente debido a que no han pasado el control de calidad. En cuanto a planificación se opta por añadir una actividad que abarque todo el proceso de reconstrucción.

También realizamos las mismas observaciones y comparación con el diagrama de Gantt de Microsoft Project, analizamos el informe de reprogramación y comparación que nos ha creado Synrho, y observamos la comparativa de recreaciones.

Lo importante de este caso, no es el tiempo de espera, o la duración de más de las actividades debido a una inactividad, sino al retraso de algunas actividades por el añadido de una actividad, esto significa que las horas de trabajo de las máquinas y de los trabajadores aumenta. Gracias a la hoja de cálculo de tareas podemos observar qué maquinaria interviene en cada actividad y cuántas horas, esto siempre puede ser de ayuda a la hora de recalcular el presupuesto de los costes directos. Otra manera de ver estas variaciones sería a través de los informes tabulares, donde podríamos diseñarlo para que nos indicara el coste total directo presupuestado y el coste total presupuestado en la línea base y observar los cambios fácilmente. En este trabajo como ya hemos mencionado los costes no los trabajamos, aun así es un hecho importante a tener en cuenta.

ACTIVIDAD	DURACIÓN	HOLGURA TOTAL TRASERA	HOLGURA TOTAL TRASERA LB	DESVIACION DE HOLGURA TRASERA LB	COSTE DIRECTO	COSTE TOTAL LB
Actividades previas	2d	0d	0d	0d		
zona 1+2	4d	0d	0d	0d		
zona 2	11d	182d	0d	182d		
zona 1	10d	0d	0d	0d		
zona 2	8d	174d	0d	174d		
zona 1	7d	0d	0d	0d		
zona 2	8d	167d	0d	167d		
Escarificación	9d	0d	0d	0d		
Compactado	11d	0d	0d	0d		
Excavación de la explanación y préstamos	21d	0d	0d	0d		
zona 1	14d	0d	0d	0d		
zona2	14d	111d	0d	111d		
Desmonte y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista	35d	0d	41d	- 41d		
RECONSTRUCCIÓN PARCIAL DEL TERRAPLEN	21d	28d, 4h				
Encofrados	9d	1d	0d	1d		
zona 1	4d	0d	0d	0d		
zona2	5d	115d	0d	115d		
Operaciones de hormigon para arquetas	5d	0d	0d	0d		

Proy#	CASO BASE	Fecha	22/11/2014	Estado	sin cambios	Programa	
Proy#	ROTONDA	Site No		Observaciones	No hay cambios.		
Cont	ADMINISTRACION	Site					

Ilustración 48:Informe tabular, en rojo posibilidad de añadir costes (Elaboración propia)

---

## CUARTO CASO:

“PK”: en este caso se estudia la reducción del volumen de la obra por motivos externos de la administración y se decide que se mantiene uno de los carriles, el de la zona 5, que ya está construido, por lo que no se ejecuta y no forma parte de la planificación.

En este no se produce ni una demora ni un cambio en el orden de las actividades, se mantiene igual, únicamente se produce es una gran reducción de tiempo.

Gracias a Synchro aparte de apreciar el cambio de programación con la gráfica de Gantt y la línea base del caso BASE; el cambio de ruta crítica, la variación de las holguras, el cambio de relaciones entre actividades... podemos observar muchos de los cambios producidos.

La hoja de cálculo de recursos nos indicará la cantidad de horas que estará ejecutando cada máquina en la obra. En ellas se verá como al igual que el periodo de la obra se reduce las horas de producción de la maquinas también.

Con los informes tabulares, al contario del tercer caso donde observábamos el aumento de presupuesto, podríamos estudiar la reducción de este.

La recreación 4D aquí toma gran importancia, ya que al producirse un cambio tan grande en la planificación, habrá que tener muchos factores en cuenta y el poder recrear estos cambios previamente nos ayuda rápidamente a comprenderlos; primero, observaremos como cambia el proceso de la obra, como afecta el tramo no ejecutado a cada actividad, podemos reprogramar las nuevas rutas que deben seguir cada maquinaria, es decir, podemos redefinir los “paths” ya que por la zona 5 ninguna maquina deberá pasar, a excepción de dumpers, o camiones y que la organización y planificación de la obra se vea lo menos afectada y que el estudio del nuevo proyecto se retrase lo menos posible.

Al crear informes 3D con el visión de cada proceso, como deberían ser ahora frente a cómo eran antes, o recalando los detalles constructivos más en particular. En nuestro caso observamos como el tramo que no ejecutamos está des del inicio de la obra a diferencia de los otros casos.

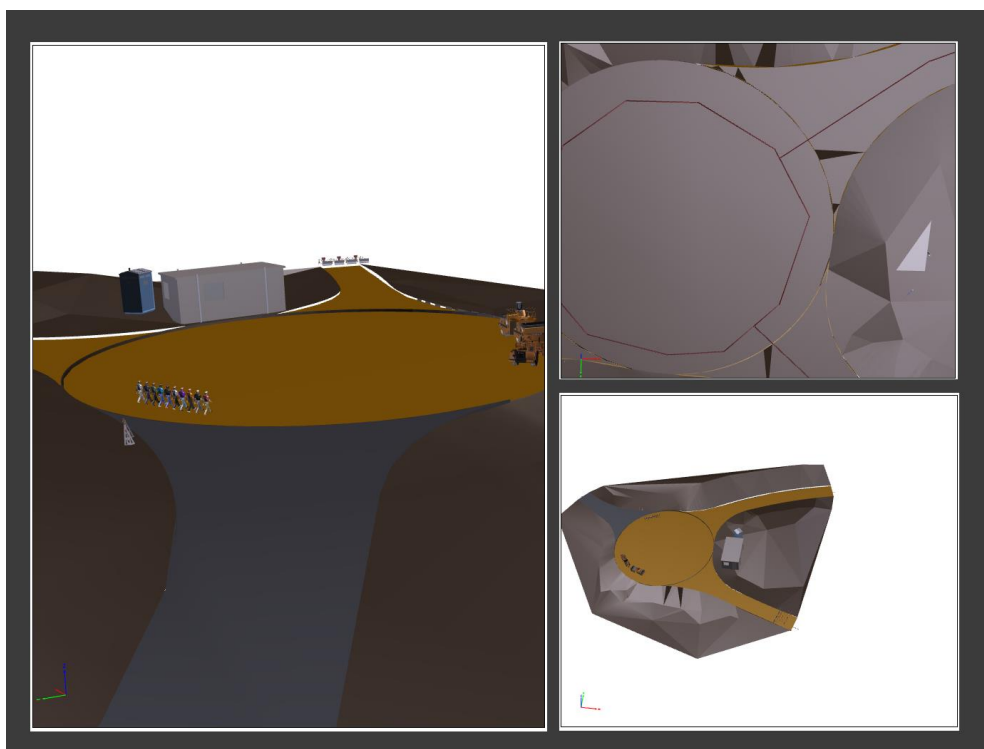


Ilustración 49:Informe 3D, a día 22/11/2019, Caso “PK” (Elaboración propia)

## 5.5. Análisis y comparación de softwares

Una vez realizada la parte práctica, observado y analizado las propiedades de cada software en particular y lo que nos aporta cada uno frente a los cambios en la planificación, vamos a proceder a analizar y comparar los softwares entre sí.

Empezando con Microsoft Project, analizándolo bien, entre los aspectos positivos a destacar, creemos que es un software de programación bastante completo. Es un programa de fácil uso, no complicado de aprender, lo cual es muy importante para facilitar esta tarea, ya que no hace falta que sea el manejo del software lo que nos complique. Se puede obtener infinidad de información que nos aporta directamente el software como hasta qué día es necesario cada recurso; en el caso de la maquinaria es interesante porque si ya no se hace uso de ella se puede prescindir, suponiendo un ahorro en el presupuesto si esta estuviera alquilada por días/meses...



---

Los cambios en la planificación han sido fáciles de detectar; realizar un buen seguimiento y actualización del progreso de la obra, uno de los puntos más importantes, ya que estos softwares están destinados a gestionar proyectos y en gran parte como soporte en la ejecución de la obra, para que, frente a los cambios que se producen o imprevistos, sepamos cómo actuar y poder cambiar el plan de manera rápida, evitando errores pues, si fuera una persona quien hiciera todos los cambios a mano, la obra quedaría expuesta a posibles equivocaciones debidos a descuidos posibles o porque no se han tenido en cuenta todos los factores, cosa que con un software no ocurre. Con la creación de una línea base y al cambiar la planificación se observan en el gráfico de Gantt muy bien los cambios de programación.

Los informes que realiza son de gran utilidad porque son muy visuales y con información muy clara. Los diagramas de Gantt son sencillos pero eficaces, muy exactos y manejables para realizar cambios. Además, Microsoft crea un diagrama de nudos de precedencias múltiples que nos ayuda a entender de manera visual y mejor las relaciones entre actividades.

Entrando en el análisis de Synchro ya se ha mencionado que este se equipara al Microsoft Project en cuanto a propiedades, además también es de fácil manejo y el mismo software tiene una plataforma online de aprendizaje muy completa con videos en los que se encuentran explicadas, paso por paso, las diferentes herramientas y cómo se utilizan con un proyecto de prueba que nos podemos descargar para practicar, aparte de proporcionar una Biblioteca de recursos 3D como puede ser la maquinaria muy completa y gratuita. [14]

Todo lo que nos puede aportar de más Synchro como software BIM 4D frente a Microsoft, siempre será una ventaja.

Durante la creación de la planificación de la obra: la posibilidad que nos ofrece Synchro con su detector de errores en el modelo, **coordinación espacial** o detección de “Clashes”, será un gran soporte para la creación de un modelo BIM sin errores ya que este nos hará un informe visual muy preciso para evitar los posibles fallos de sincronización o creación de recursos 3D, como podría ser, en nuestro proyecto, que el modelo de tuberías no coincidiera con el modelo del terreno, que se solapen o que no estén bien coordinados, en este informe saldría reflejado y modificaríamos el 3D. El sistema que tiene de **importación de modelos** también es muy eficiente y sin perder información; el IFC da la oportunidad de trabajar con diferentes softwares y unirlos todos juntos sin atar a todos los

---

---

agentes que participan en la creación del modelo a un mismo software, en nuestro caso, la importación del modelo 3D de la rotonda y de los objetos 3D de maquinaria descargados de la biblioteca de Synchro que hemos utilizado en la recreación. También el poder probar diferentes escenarios/planificaciones con la opción de **BaseLine** igual que Microsoft Project, pero con el apoyo visual de la recreación 3D, en el que se observan los cambios y además de comparar directamente, es capaz de generar un informe de comparación de programaciones para ver todos los cambios que se realizan, que probablemente no hemos tenido en cuenta al solo visualizar la programación; en definitiva, nos da un abanico mayor para analizar las diferentes posibilidades de ejecución de la obra, para encontrar la que mejor se ajusta, lo cual ha sido de mucha ayuda en el cambio de proyecto en cuanto a la reducción de volumen, pudiendo observar cómo cambia está en el modelo 3, eliminando uno de sus carriles y en la programación en comparación al caso base. Incluso cuando se ha hecho el proyecto o en fase de licitación y se quiere explicar al cliente, o a cualquier interesado, el proceso o cómo quedará con el Hollywood BIM, será una manera mucho más clara, precisa y comprensible para todos los públicos, la recreación del modelo de rotonda con sus diferentes puntos de vista, la visión general, hace comprender, cómo una idea general, muy rápidamente el proceso ejecución o más al detalle, con los informes pdf con visión 3D de la parte del modelo, en la que queramos especificar más.

Previa ejecución de la obra, empezando por la misma importación del modelo 3D y los objetos 3D, su vinculación con el tiempo y el espacio, como mayor de sus ventajas, ayudará al responsable de la obra a comprender mejor el funcionamiento de esta, cómo es, quién participa, cómo se debe ejecutar... Podrá reconocer los diferentes recursos que hay, gracias a la diferenciación en categorías, no es lo mismo hablar de un grupo de personas que de maquinaria. Los informes que nos genera, de hojas de cálculo de recursos y actividades o los informes tabulares con la información que queramos, nos da una visión más general previa de la organización planeada, podemos ver, por ejemplo, el bulldozer dos en qué actividades deberá participar y cuántas horas realizará en cada una de ellas, y cuándo serán las horas que deberá estar operativa.

Durante la ejecución de la obra, la posibilidad de tener este software a mano nos aporta muchas ventajas. La recreación 3D nos da una visualización en cada momento (hora o día) dónde debe estar ejecutándose cada actividad y dónde debe estar cada recurso ayudando al encargado de la obra a la organización de esta; en la rotonda, observamos cómo aparece y desaparece cada maquinaria, dependiendo si está involucrada en actividad

---

---

o no, la ruta que sigue cada una de ellas y en qué tramo está en cada momento. También poder realizar un seguimiento del avance o retraso de las actividades es muy importante, si fuera todo como está previsto, los informes que nos genera lo revelan como el chequeo de las actividades que nos indica el estado de la planificación y nos enseñan los resultados del avance de la obra; si se realizan cambios en el proyecto se aplica el cambio y se auto programa solo generando un informe de reprogramación con todos los cambios, sabiendo cómo afecta en todos los aspectos del proyecto o también volviendo a utilizar el *BaseLine* para modificar la programación fácilmente sin tener que crearla de 0, por ejemplo, en el caso de retraso de los tubos o por lluvia, guardamos la planificación base y creamos una nueva para luego crear el informe de cambios y sabremos todo lo que debemos tener en cuenta sin perder tiempo y directamente en obra.

Synchro tiene la opción de poder adjuntar los documentos a las actividades o a los recursos y nos es de mucha utilidad para todo el progreso de la obra, como en el caso de las actividades poder incluir el listado de todos los materiales con su proveedor... o en el caso de los recursos, las maquinarias poder adjuntar su ficha técnica ...

En este trabajo se ha utilizado la versión Synchro Pro ya que la que se tiene acceso con licencia universitaria, pero Synchro ofrece diferentes variantes del Software.

***Synchro Workgroup Project***(11): destinado a conectar todos los agentes involucrados en un proyecto asegurando que todo el equipo siempre esté trabajando con los datos actuales. SWP (SYNCHRO Workgroup Project) es un servidor de base de datos diseñado para coordinar el acceso a los datos a los proyectos SYNCHRO dentro de entornos grupales. SWP permite a los múltiples usuarios trabajar en el mismo archivo, al mismo tiempo, no solo desde PRO sino también desde OpenViewer, Scheduler, HoloLens u otras aplicaciones.

***Synchro site for iPad***(12): destinado al seguimiento y actualización del proyecto directamente en la obra. A través de un iPad, muy manejable y cómodo permite llevar la planificación BIM4D donde la necesitemos para realizar consultas de la planificación del proyecto o actualizar los cambios.

***Synchro XR for HoloLens***(13): BIM 4D más realidad virtual. Un paso más en el mundo de la gestión de proyectos BIM. A través de este software podemos interactuar directamente con el modelo 4D a escala real, haciendo una inmersión total en el proyecto.

**Synchro Scheduler**(14): Una versión más sencilla para ser utilizada antes de obtener el modelo 3D, como Microsoft Project, un software de programación. Este es de licencia gratuita.

**Synchro Open Viewer** (15): este es un software de visualización de proyectos Synchro. No permite la planificación pues solo sirve para el análisis. Este es de licencia gratuita.

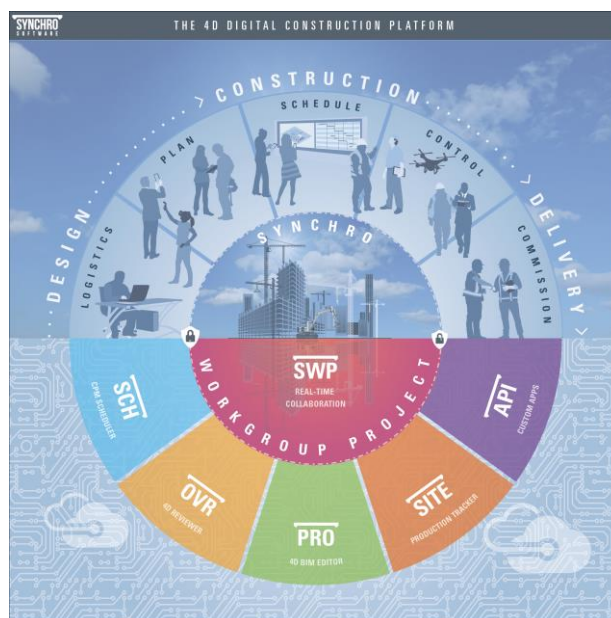


Ilustración 50:diferentes plataformas Synchro (18)

El tema de la gestión del flujo de información es también muy importante en la gestión de proyectos, el rápido acceso a esta información, cuando son más de uno los agentes que se ocupan de la planificación, es muy importante para agilizar esta tarea, pues al no estar pendiente de ir enviando uno a uno y de realizar las actualizaciones permanentes, revisando de manera cíclica, se evita crear errores por falta de actualización por parte de uno de los agentes. Con la opción de Synchro Workgroups, todos los agentes tiene acceso a una misma plataforma común donde pueden acceder todos los agentes a la vez y realizar allí los cambios sin la necesidad de que nadie envíe ningún documento, evitando la pérdida de información y problemas de coordinación entre agentes.

Las propiedades extra que nos aportan estos softwares aparte de las que ya nos ofrece Synchro Pro son unas ventajas indiscutibles frente a la planificación con Microsoft Project.

Podemos decir que Synchro es un software de planificación completo.

---

Para completar la comparativa y el análisis también se ha hecho una reflexión sobre las disfunciones encontradas al realizar la planificación y las aportaciones que realizaría para una mejora de este software son las siguientes:

Microsoft, que quede claro, es un buen software de programación, pero deja mucho que desear frente a la planificación, es decir, el calendario de actividades y el poder observar cambios de programación son todo lo que se espera, pero el resto de la obra en sí queda muy desamparado.

Dentro de las posibles capacidades que tiene Microsoft al ser un software de planificación simple, las mejoras que realizaría al software son las siguientes:

Para empezar, es necesario una mejor distinción entre los tipos de recursos, como lo hace Synchro, que diferencia entre categorías humanas, materiales, equipamiento, espacio, lo cual es muy necesario para planificar. También incidiendo en los recursos cabe decir que este no te permite hacer una buena gestión de ellos, pongamos, por ejemplo: estamos en el proyecto de rotonda, en la actividad, se está realizando el desbroce del terreno, al ser lineal la obra, la primera mitad de ella ya se ha ejecutado, por lo que en ese tramo, la demolición de los materiales objeto de desbroce, que es la actividad posterior, ya se puede empezar a ejecutar; lo que ocurre es que teníamos asignado todo el equipo al desbroce y si a mitad de actividad queremos destinar medio equipo de la primera parte para empezar la demolición, aquí Microsoft nos da error por sobreasignación de recursos y la solución adoptada de dividir la actividad en sub actividades tampoco nos soluciona mucho ya que no nos sitúa en el espacio los equipos. Synchro nos soluciona este problema, adjudicando categorías a los recursos y dividiendo la obra en secciones, determinando el orden de ejecución de estas en cada actividad, permitiendo que la actividad quede subdividida pudiendo determinar que recurso estará en cada momento, qué subdivisión, situando pues las actividades en espacio y tiempo.

Otra cuestión a mejorar es el tema de la comparativa de programaciones o reprogramaciones. Ciertamente es que en Microsoft Project, con la opción de BaseLine se puede observar cómo cambia el diagrama de Gantt, pero luego es complicado determinar qué otros cambios ha podido suceder en esta reprogramación o qué diferencias hay entre programaciones; a la hora de analizar diferentes posibles escenarios existe una opción de comparar programaciones, pero se debe hacer manualmente y es muy engorrosa. Con Synchro, con la opción también de crear un BaseLine o directamente con una planificación

---

---

externa, podemos crear un informe comparativo donde se determinan todos los cambios en la planificación y no solo en la programación de actividades.

Un punto importante a considerar es el intercambio de flujo de información, estas planificaciones creadas con Microsoft Project se quedan en el programa de la propiedad del usuario que la crea, estando restringida su consulta o modificación en el caso de que la transmita a otros agentes, vía email, en la nube ... esto ralentiza la gestión del proyecto ya que el cambio que se realiza se debe ir enviando a todos los agentes que participen en la planificación, para que lo cambien uno a uno.

Synchro como software de gestión de proyectos no tiene quejas y cumple todas las expectativas que se podrían esperar. Si se tuvieran que mejorar algunos de los aspectos serían más competencia de “otras dimensiones” como la posibilidad de una edición del 3D de mayor calidad y opciones, o la mejor sincronización con los programas de modelaje 3D, de forma que si se realizara un cambio en el modelo en Synchro este cambio se viera reflejado también en el modelo 3D de donde proviene y viceversa, aunque ya está muy bien la creación de más recursos 3D que nos proporciona la Biblioteca.

La dimensión 5D también sería fácil de incluir en el software. Microsoft tampoco lo tiene, pero no sería una opción tan fácil como lo podría ser con Synchro, ya que este calcula las áreas y volúmenes del modelo 3D y también podemos incluir los recursos materiales y de maquinaria, por lo que se podrían crear las mediciones del proyecto fácilmente e importar una lista de precios para calcular un presupuesto de una manera más fidedigna.

Si tuviera que hacer una aportación más al software sería la creación de una biblioteca de proyectos donde existan unos proyectos base, con una lógica para Synchro, es decir, que el mismo software incorpore en su lógica el orden de las actividades, siempre con la posibilidad de modificación, pero así se facilitaría la tarea de programación o importación de recursos y a la vez se dotaría de un poco más de inteligencia al software.



---

CAPÍTULO 6. GUÍA PRACTICA PARA HACER LA TRANSICIÓN AL  
BIM

---



---

## 6.1. Razones para transición

Las novedades, aquellas que te hacen salir de tu zona de confort, suelen dan miedo, rechazo, se presentan incómodas y muchas veces no se sabe cómo acogerlas. Este puede ser el caso de la metodología BIM que, aunque sea muy conocida y se hable continuamente de ella, sigue “asustando” a muchos ingenieros, ya sea por el coste de la implantación, el tiempo de aprendizaje, la dificultad de adaptación... Pero ¿realmente han analizado la situación? ¿Tiene claras la infinidad de ventajas que les aportaría? ¿Han estudiado el coste real de la implantación del BIM?

En la guía que se presenta a continuación abordamos estas cuestiones.

Las ventajas del BIM van más allá del 3D, trascienden en la digitalización sobre todo marcan los cimientos para una completa automatización de la construcción, estas siempre son mejoras frente a la metodología actual, ayuda a la interconexión de los agentes del proyecto desde el inicio hasta el final, ayuda al fácil entendimiento, a la mejor planificación del proyecto y a la reducción de gastos, debido a la prevención de posibles errores, al estudio de diferentes escenarios...factores que con la actual metodología de trabajo encuentra dificultades varias.

En cuanto al coste de la implantación del BIM, es muy casuística, se debe tener en cuenta muchos factores como el tipo de organización y tamaño, la adquisición de licencias, compra de equipamiento (ordenadores, pantallas, tablets, nuevos espacios para un nuevo departamento...), la formación, el tiempo invertido de aprendizaje... los costes directos de la implementación del BIM siempre serán mayores, en un principio, en comparación a un proyecto que no utilice tal tecnología ya que no tendrá estos costes de implementación; no obstante, si se realiza un buen uso y sacamos partido de todo su potencial con la optimización de recursos, al final se obtendrá una reducción de los costes finales totales de los proyectos.

Pero la cuestión real es ¿cuál es el coste de la no implantación del BIM? Si este ha causado tanta agitación en el sector es debido a la alta demanda por parte del cliente, por lo que cuanto más se tarde en su puesta en marcha, más oportunidades se pierden, y atendiendo al camino que se está siguiendo creemos que, al final, el BIM será de uso necesario para competir en el mercado y su rechazo “per se” no tiene sentido.

### 6.2. Guía paso a paso a paso

No existe una guía oficial de cuál es la mejor manera per realizar esta transición, pero sí existen unas pautas básicas y consejos a tener en cuenta.

Si se quiere implementar el BIM lo primero que se debe hacer es informarse, realizar un estudio preliminar y hacer una primera toma de contacto con los software BIM...

A continuación, si se quiere realizar una buena implementación, se aconseja acudir a la ayuda externa, como puede ser una consultoría BIM donde se ofrece todas las herramientas asegurando, si sigues todos sus consejos, el éxito de esta implementación. Los pasos básicos que siguen estos profesionales son los siguientes:

- 1) Definir con exactitud cómo es la organización donde se implementará, qué tipos de proyectos se realizan, los servicios que ofrece, la estructura y tamaño de la organización... para poder saber cómo aplicar los recursos.
- 2) Planificación de la implantación BIM: creación del documento BIP ( BIM Implant Plan ) que consiste en un Plan en el que se identifican todos los factores a tener en cuenta para tal implementación; tanto los recursos materiales, de nuevos ordenadores, pantallas..., determinación de los software a utilizar, nuevo personal, pero también las etapas a seguir para dicha implementación, la metodología a seguir, los riesgos identificados, los costes, el plan de RR.HH., definir el organigrama del “equipo BIM”; BIM Director, BIM Manager BIM Coordinator... es decir, todo lo que implicará su uso.
- 3) Formación del “Equipo BIM”: previamente de deben haber adquirido las licencias de los software, que para ello se deberá haber hecho un análisis exhaustivo de estos y determinar cuáles son los mejores para el tipo de organización que los va a usar. La formación deberá pasar por 3 etapas: formación básica, avanzada y especializada, para asegurar que se han alcanzado todos los conocimientos.

- 
- 4) Afrontar casos reales, estos siempre de menos dificultad a más. Una vez formados corresponde empezar para la adaptación a los nuevos proyectos y ésta debe ser progresiva, sin abarcar más de lo posible.
  
  - 5) Eventualmente se deberá realizar un análisis de situación, informar de los avances a los responsables, comprobar resultados, realizar un *feedback* dentro de la organización de posibles mejoras.
  
  - 6) Actualizarse, un punto muy importante, ya que las innovaciones del mundo del BIM avanzan rápidamente y hay que estar al día para no quedarse estancado.



---

## CAPÍTULO 7. REFLEXIONES Y CONCLUSIONES

---

### 7.1. Reflexiones

Durante el análisis realizado en este proyecto y la absoluta inmersión que he realizado en el mundo BIM, tanto a nivel teórico, con el estudio de diferentes softwares y herramientas que tiene cada uno, como a nivel práctico, en la aplicación de uno de estos softwares a un caso, el de la rotonda, y en el estudio de campo sobre el uso y conocimiento real de esta metodología a partir de entrevistas, consultas a blogs, estudios, encuestas realizadas ... nos hemos cuestionado en qué situación nos encontramos hoy en día realmente frente “el tema BIM” y hemos reflexionado lo que se explica a continuación.

En primer lugar, se ha visto que un sector de la construcción está fuertemente asentado en una metodología clásica, donde los profesionales con muchos años de experiencia se resisten al cambio. Esto es un hecho, pero no significa que siempre vaya a ser así; otra parte del sector cada vez mayor tiende a recurrir al progreso, a la utilización de las nuevas tecnologías de las que disponemos y que hacen de la construcción un sector más eficiente.

La cuestión es importante: ¿qué significa esto?, ¿estamos preparados para este cambio?, ¿nos estamos formando lo suficiente? ¿sabemos cómo realizar este cambio?

El BIM en el mundo de la construcción a día de hoy es más que conocido, pero ¿cuántas personas están capacitadas para su manejo total? ¿Sabemos sacarle todo el partido que tiene?

La gestión del BIM nos aporta infinidad de posibilidades y opciones, pero para ello debemos saber utilizarlo, eso significa conocerlo bien, completamente, porque multiplica sus ventajas cuanto más interconecte toda la obra, su “gracia” es el control absoluto de todo un proyecto de inicio a fin, en todas sus modalidades.

Actualmente existen ya muchos cursos/master destinados al *BIM management* y aunque están en aumento sigue sin ser materia de enseñanza universitaria de importancia, por lo que, si no es por iniciativa propia, muchas ganas de aprender y adentrarse en este mundo, la enseñanza de la construcción sigue en la universidad sin apostar por las nuevas tecnologías y anclada en la metodología clásica. Es decir, los jóvenes que han terminado ahora sus estudios universitarios no tienen conocimientos sobre el tema y si a estas alturas

---

no se implanta una formación adecuada y moderna estaremos retrasando la normalización y transición en el mundo de la construcción de esta metodología y, sobre todo, si este producto avanza más rápido de lo que estamos preparados, se dejará a muchos profesionales en el camino, fuera de su alcance.

Si en general somos los más jóvenes los que nos interesamos por aprender en el mundo BIM, nos planteamos otra reflexión: ¿no se normalizará hasta que haya un cambio generacional?

¿Los ingenieros que ahora se encuentran en dirección de proyectos y obras están dispuestos a la implantación de estas nuevas metodologías? ¿Serán capaces de adaptarse? La respuesta es clara: depende de la persona, de cada profesional, de su intención de mejorar. Aunque el BIM tiene infinidad de ventajas, se mire por donde se mire, su uso necesita también mucha inversión en tiempo de aprendizaje, software, cambios de metodologías...

¿Está bien promocionado el BIM? Es decir ¿al sector reactivo al BIM realmente se les ha enseñado todas las ventajas que tiene? El BIM no sustituye a ningún especialista, este solo funciona bajo la inteligencia y experiencia que un Ingeniero puede aportar, simplemente es una gran herramienta de soporte que detecta los errores que un humano puede pasar por alto o agiliza el trabajo que éste debería realizar, dejando más tiempo para tareas más importantes en las que se le puede necesitar de verdad. A modo de ejemplo en lugar de dedicarse a realizar cálculos imposibles con presión o tiempo limitado, da la posibilidad al ingeniero de poder estudiar otros escenarios para crear proyectos más lógicos, productivos y funcionales. Estas herramientas son muy completas, a veces consideradas innecesarias, pero el hecho de saber utilizarlas no significa que se deban utilizar al 100% todas sus propiedades como en su día con el CAD. Como ya se ha dicho, el ecosistema BIM consiste en herramientas de apoyo por lo que, aunque se utilice un % bajo de todas sus competencias, siempre serán mejor que nada.

### 7.2 Conclusiones

Este apartado está destinado a resumir las conclusiones que se han obtenido a lo largo de este trabajo.

- Lo primero que se analiza es la importancia de la planificación tanto a nivel de ejecución de obra como para los clientes, proveedores, la sociedad...
  - Observamos que sin una buena planificación no habrá un proyecto de éxito.
- Estudiamos cómo se realiza ésta; se ha determinado un esquema básico a seguir para la planificación.
  - Observamos que no es lo mismo planificar que programar actividades, que la planificación conlleva muchísimo más y que ésta se debe continuar durante la ejecución de la obra, hacer un seguimiento y realizar las actualizaciones pertinentes; que, aunque se deba ser muy metódico y cuidadoso con la planificación, nunca se cumple al 100% pues siempre surgen imprevistos; que una buena planificación es la base para crear una buena gestión de costes y un presupuesto lo más óptimo posible y fidedigno.

Analizando las diferentes metodologías de programación vemos que cada una tiene sus peculiaridades y que cada una funciona mejor para diferentes aspectos a analizar. Actualmente las más utilizadas en el mundo de la construcción como base del software de programación son las gráficas de Gantt, ya que son sencillas pero eficaces, aunque también encontramos gráficas espacio-tiempo en obras lineales o de preferencias múltiples para el análisis de relación entre actividades. A nivel formativo, esto se estudia bastante en la universidad.

Al realizar las entrevistas a los profesionales se confirma que la experiencia del planificador del proyecto es crucial a la hora de planificar un proyecto, ya que al final estos software se rigen de la lógica matemática que son capaces de detectar errores humanos de programación pero no de planificación, como qué actividad deben ejecutarse, en qué orden, cuáles son los mejores materiales a utilizar en un proyecto o qué ruta debe seguir la maquinaria, y estos no son inteligentes, somos nosotros los ingenieros los que debemos tomar las decisiones y aportar la información necesaria para que estos programas puedan realizar los cálculos.



---

Otra conclusión obtenida de las entrevistas es que el BIM no ha cautivado a todo el sector, que existen profesionales reacios a esta metodología, que están decididos a seguir como hasta ahora, algunos aún siendo consciente de todas las ventajas que aporta y sabiendo que el BIM da las soluciones a los problemas de planificación con los que se encuentran; otros consideran que a ellos no les beneficiaría aunque lo que sí manifiestan todos es que en un futuro se terminará produciendo el cambio al BIM en el mundo de la construcción .

El concepto BIM a grandes rasgos es algo que ya suena en este mundo, pero hay muchas cosas y conceptos a analizar en profundidad. El concepto del Open BIM como futuro de interoperabilidad entre agentes es una de las herramientas que globalizan aún más esta metodología y en la que aún queda mucho para conocer, aplicar y mejorar.

Entrando en el BIM 4D, en lo que se basa el análisis y aquel que se ocupa de la gestión de proyectos, como característica principal cabe destacar su vinculación del modelo 3D al tiempo, obteniendo una programación de calendario a la vez de una gestión de las actividades en del espacio tiempo. Con el podemos estudiar los diferentes escenarios que nos podemos encontrar o buscar también la mejor opción. Este recrea secuencias de la construcción a modo de Hollywood BIM, pero con mucha información asociada, alejándose de este concepto de “película”.

El mundo de los software BIM es muy competitivo y centrándonos solo en los BIM 4D tenemos aún mucha oferta. Después de analizar los principales softwares de planificación nos decantamos a estudiar el software Synchro por su capacidad de vincular la programación con el modelo 3D del proyecto y de la metodología de programación utilizada, el método de *Critical Path Method*, el cual nos indica la ruta crítica de actividades que depende del tipo de la relación que mantienen estas y su duración.

Para mejorar nuestro análisis y comprobar si realmente existen tales ventajas de la digitalización de la planificación de obra estudiamos un caso, “La rotonda”, para comparar la metodología clásica con la BIM 4D a partir de un análisis más completo de las propiedades y herramientas de cada software y observando que obtenemos de cada uno como software en sí y cómo reaccionan frente a cambios de planificación. En nuestro caso práctico hemos analizado en primer lugar con Microsoft Project y hemos concluido que es un buen software de programación y de seguimiento de esta, pero que a nivel de planificación deja mucho que desear (gestión de recursos, análisis espacio-tiempo...). Al

---

proceder a la planificación con Synchro observamos que tiene las mismas cualidades que Microsoft Project e incluso mejores en cuanto a programación y que gracias a su vinculación con el modelo 3D se obtuvieron recreaciones 4D muy realistas de la ejecución de la obra e incluso el mismo software elabora mucha información sobre la gestión de recursos actividades, documentos, progreso y cambios en la ejecución, posibles escenarios además de la gestión de diferentes modelos 3D de diferentes disciplinas en un mismo software gestionando su buena sincronización.

Como se ha demostrado sí que se trata de un software de planificación y seguimiento completo y con mucho potencial cumpliendo con todo lo que se esperaba

Por lo tanto, con este trabajo se demuestra y se concluye las múltiples ventajas de la digitalización de la planificación de obras. El futuro prometedor que tiene, pero también el largo camino que queda para llegar a obtener e implantarse al 100% en el mundo de la construcción todo su potencial.

Como aportación personal este trabajo me ha permitido hacer una inmersión absoluta en el mundo de la gestión de proyectos y la planificación de obra BIM. Con este he aprendido la gran tarea de planificación que requiere un proyecto, como se debe realizar, quien está involucrado en ella. Me ha ayudado a conocer la actualidad y novedades de este mundo, como está el mercado de softwares y como puedo formarme en este sector. He aprendido a dominar al 100% el software Microsoft Project y el software de gestión BIM 4D Synchro Pro. Si uno le dedica intensivamente a formarse de manera autodidacta con la ayuda de la plataforma de aprendizaje “*Synchro Academy*”(10) en menos de un mes puede dominar este y si además surge alguna duda, con la opción de “Ayuda” están todos los comandos explicados a la perfección con imágenes incluidas.

### 7.3 Futuras líneas de investigación

En el trabajo se han mencionado otras variantes del software Synchro Pro de mucho interés por sus diferentes propiedades.

Una de ellas es el Synchro WorkGroup Project, para realizar un proyecto común, incluyendo todas las dimensiones del BIM de 3D, la gestión de la planificación 4D, la gestión de costes 5D, la gestión de la sostenibilidad del proyecto 6D y la gestión del

---

mantenimiento 7D gestionado por varios agentes, nos adentraríamos completamente en el mundo BIM, observando todas sus propiedades, viendo lo que nos puede aportar la vinculación de todas las dimensiones, trabajando a la vez, sabiendo lo que significa un control absoluto de un proyecto para optimizarlo al máximo. Un tema muy interesante es cómo pueden surgir nuevas propiedades como la gestión de la Prevención de Riesgos, incluyéndola en todas las dimensiones, planificándola, cómo se debe preparar a los trabajadores, creando un presupuesto ...Poder aplicar este estudio directamente en un proyecto real desde la proyección del proyecto, durante el seguimiento de la obra, en el mantenimiento de esta y determinar cómo el concepto BIM se desarrolla en todas estas fases, si los proyectistas o jefes de obra se adaptan bien al BIM, si realmente le sacan partido, si realmente utilizan todas sus propiedades, qué limitaciones tiene el BIM...

Para ello se debería incluir en Synchro Pro estas dimensiones que faltan, como ya se ha comentado, con la gestión 5D, los costes con la posibilidad de importar presupuestos externos o creando una lista de precios y dotarlo de más inteligencia. También creando o incluyendo la posibilidad de importar la gestión de la sostenibilidad y mantenimiento.

En cuanto a la prevención de riesgos laborales se debería incluir en la planificación de la obra y gestionarlo como actividad con sus recursos asignados. Esto podría ser tan fácil como crear una biblioteca de objetos 3D de seguridad y salud y vincularlos al modelo como se hace con cualquiera de los recursos 3D en el momento y lugar donde sean necesarios, creándole un perfil de aspecto propio con nombre "Seguridad y salud" con sub grupos definidos por colores, como puede ser rojo: "gran peligro inminente", naranja: "riesgo", verde: "libre de riesgo", y un tipo de perfil "instalar", al ponerlo por primera vez "temporal" por si continua solo por tramos, mantener si esta toda la actividad o "eliminar" si desaparece el peligro absolutamente, adjudicando el valor de riesgo según el momento.

A modo de ejemplo, a pequeña escala en nuestro proyecto, vamos a simular lo explicado anteriormente.

Tenemos el objeto 3D de seguridad y salud, una valla para evitar el paso o alertar de peligro.

Primeramente, hemos creado tres perfiles temporales los cuales les corresponden los colores rojo, naranja y verde según hemos explicado anteriormente.

Hemos asignado la valla de seguridad situada en la zona 2 a las actividades de excavación zanjas, encofrados, operaciones de hormigonado para arquetas, tubos, desmontes y terraplenes y explanada zona 1.

Según el grado de peligrosidad que hay en cada actividad en la zona donde esta situada la valla le hemos dado un perfil u otro.

Con las imágenes adjuntas se puede visualizar lo explicado; en la primera imagen observamos que en el diagrama de Gantt se está ejecutando la excavación de la explanada y préstamos y a la vez se ha empezado a ejecutar la zona 1 de la zanja, la valla esta de color naranja; “riesgo” ya que la actividad de excavación está ejecutando por esa zona, no tiene ningún grupo de trabajadores asignado y no deberían pasar, pero hay un riesgo asumible en la zona.

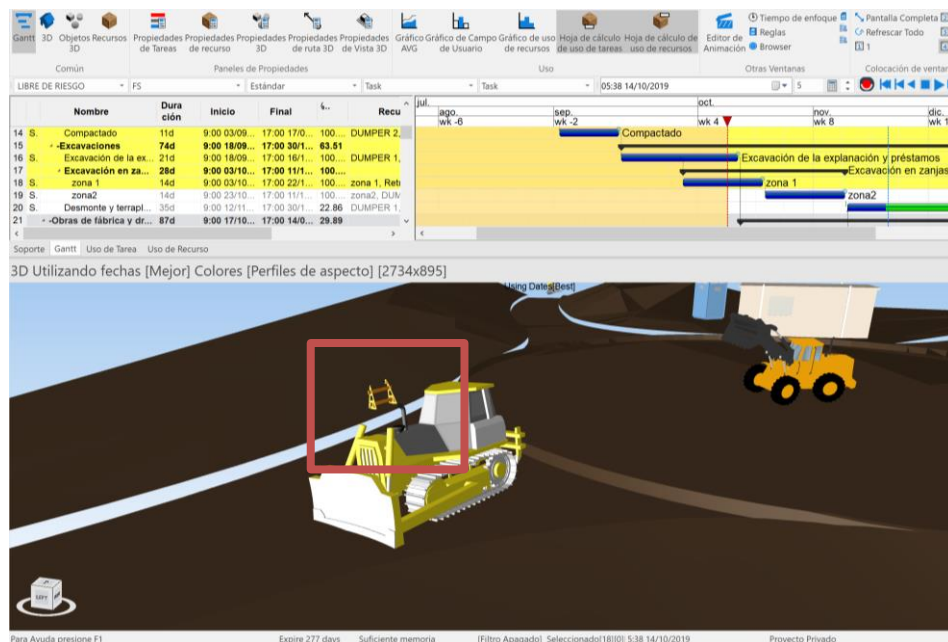


Ilustración 51: Detalle de la valla de seguridad en “Estado de riesgo” (Elaboración propia)

En la segunda imagen observamos la valla de color rojo, “peligro inminente”, esto es debido a que se están realizando en la zona dos las zanjas pero a su vez los encofrados, actividad asignada al equipo 1 que siguiendo la evolución de la obra debería estar ejecutando la zona 2, por lo que se juntan las dos actividades en la misma zona, los trabajadores y maquinaria deberán ir con extrema prudencia al coordinar actividades.

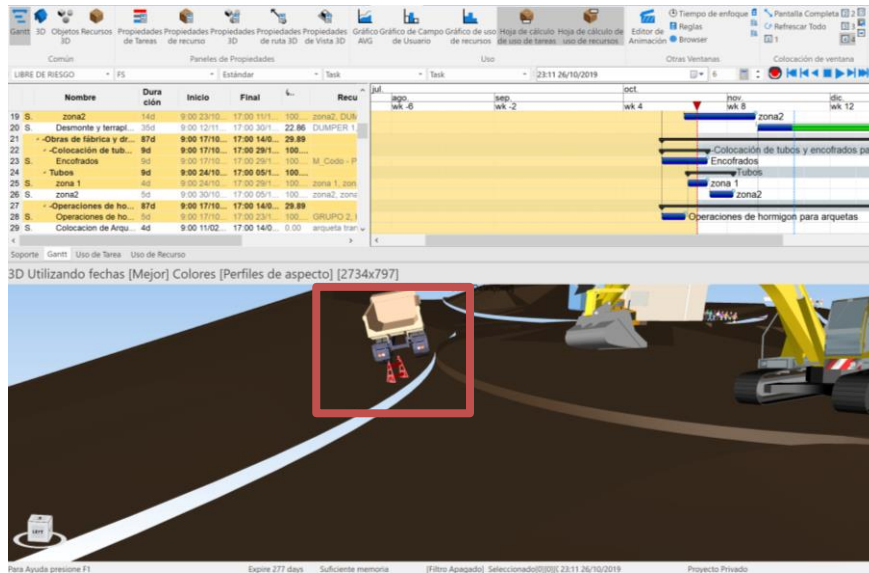


Ilustración 52:Detalle de la valla de seguridad en estado de “Peligro inminente” (Elaboración propia)

En la tercera imagen la valla es de color verde, se están ejecutando la explanada en la zona 1, la valla se mantiene, pero adquiere otra función, la de evitar el paso, no la de advertir peligro.

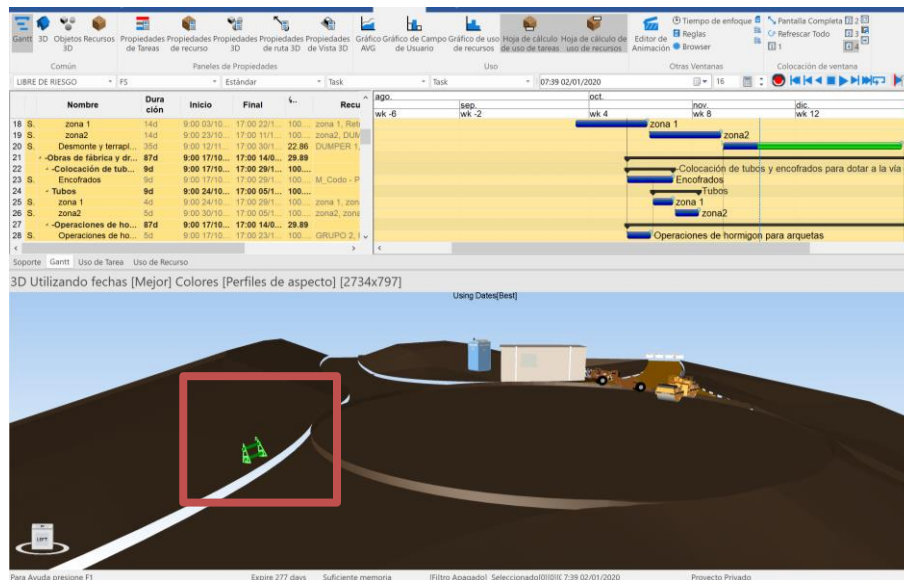


Ilustración 53: Detalle de la valla de seguridad en estado de Libre de riesgo (Elaboración propia)

Otro factor interesante sería el estudio de la recreación de la Prevención de Riesgos a partir de las HoloLens, las gafas de realidad aumentada, que el mismo software de *Synchro XR for HoloLents* nos proporciona. Se podría recrear el proyecto y los trabajadores previamente podrían, como curso de prevención de riesgos laborales, estudiar la recreación virtual de los riesgos que se encontrarán en la obra sin que realmente aparezcan y aprender a tratarlos o actuar frente a ellos, gracias al uso de esta tecnología.

---

## REFERENCIAS

1. es.BIM | esBIM . Available from: <https://www.esbim.es/es-bim/>
2. ingcivil42. Available from: <https://ingcivil42.wordpress.com/>
3. Diagramas de Gantt o PERT/CPM.... yo considero que las dos.... Available from: <https://www.eoi.es/blogs/pablojosuecedeno/2011/11/20/diagramas-de-gantt-o-pertcpm-yo-considero-que-las-dos/>
4. ¿Qué es BIM? - BuildingSMART Spanish Chapter. Available from: <https://www.buildingsmart.es/bim/qué-es/>
5. Miembros de Open BIM - ALLPLAN Systems España S.A [. Available from: <https://www.allplan.com/es/proyectos-de-referencia/open-bim/miembros-de-open-bim/>
6. NAHMIAS, ANDRÉS (2003). Planificación para la construcción. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Chile. - Buscar con Google. Available from: [https://www.google.com/search?q=NAHMIAS%2C+ANDRÉS+\(2003\).+Planificación+para+la+construcción.+Departamento+de+Ingeniería+Civil.+Universidad+de+Chile.+Chile.&rlz=1C1CHBF\\_esES802ES803&oq=NAHMIAS%2C+ANDRÉS+\(2003\).+Planificación+para+la+construcción.+Departam](https://www.google.com/search?q=NAHMIAS%2C+ANDRÉS+(2003).+Planificación+para+la+construcción.+Departamento+de+Ingeniería+Civil.+Universidad+de+Chile.+Chile.&rlz=1C1CHBF_esES802ES803&oq=NAHMIAS%2C+ANDRÉS+(2003).+Planificación+para+la+construcción.+Departam)
7. ¿Cuál es el mejor software en 4D? | MSI STUDIO Available from: <https://www.msistudio.com/cual-es-el-mejor-software-en-4d/>
8. ITeC - Instituto de Tecnología de la Construcción. Available from: <https://itec.es/>
9. Revit | Programas BIM | Autodesk. Available from: <https://www.autodesk.es/products/revit/overview>
10. Inicio - Synchro Academy. Available from: <http://academy.synchrold.com/home/dashboard>
11. Ensure accurate & reliable 4D/VDC construction model data Available from: <https://www.synchrold.com/products-2/synchro-workgroup-project/>
12. 4D BIM iPad App | AR/VR for virtual digital construction. Available from: <https://www.synchrold.com/products-2/synchro-site-ipad/>
13. SYNCHRO XR HoloLens App | 4D BIM AR/VR for Construction. Available from: <https://www.synchrold.com/products-2/synchro-xr-hololens/>
14. FREE forever, traditional CPM Construction Scheduling Software. Available from: <https://www.synchrold.com/products-2/synchro-scheduler/>
15. Free 4D construction model viewer for SYNCHRO files [. Available from: <https://www.synchrold.com/products-2/synchro-open-viewer/>
16. IFC, el estándar de intercambio de información para proyectos BIM. Available from: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/ifc-por-que-ahora/>

---

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] G. Ramos, M. Valdès, I. Valero, M. Crusells y J. Turmo, «Introducción a la planificación de obras y proyectos,» UPC.
- [2] I. Ardila, «9 PASOS Para Saber Cómo Planificar Obras de Construcción,» 2019.. Available: <https://procedimientoconstructivoardila.com/saber-como-planificar-obras-de-construccion/>.
- [3] U. P. d. Catalunya, «Procedimientos de Construcción».
- [4] OBS Business School, «Las claves de Gantt, el método más utilizado en gestión de proyectos,». Available: Las claves de Gantt, el método más utilizado en gestión de proyectos | OBS Business School Available from: <https://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/administracion-de-proyectos/las-claves-de-gantt-el-metodo-m>.
- [5] «Investigación de Operaciones,». Available: <http://www.investigaciondeoperaciones.net/cpm.html> .
- [6] Microsoft Project, «Microsoft Project para Ingeniería y Construcción,» Available: <https://mvpcluster.com/project-para-ingenierias-y-constructoras/>.
- [7] Presto, «Qué es Presto,» 2019]. Available: <https://www.rib-software.es/presto.html>.
- [8] CYPE, «Arquímedes,». Available: <http://arquimedes.cype.es/>.
- [9] BIM Community, «¿Cuánto cuesta implantar BIM y cuándo recuperaré la inversión?,» 2016.. Available: <https://www.bimcommunity.com/news/load/50/how-much-does-it-cost-to-plant-bim-and-when-will-i-recover-the-investment>.
- [10] comunicación EADIC, «Hollywood BIM VS BIM 4D de Synchro,» 08 Enero 2019.. Available: <https://www.eadic.com/hollywood-bim-vs-bim-4d-de-synchro/>.
- [11] J. Aguilar, «¿Cuál es el mejor software en 4D?,» Abril 2018. . Available: <https://www.msistudio.com/cual-es-el-mejor-software-en-4d/>.
- [12] IP21 Ingeniería, «Los comienzos con la implantación BIM en el estudio. Nuestra experiencia,» 2019.. Available: <http://ip21ingenieria.com/los-comienzos-con-la-implantacion-bim-en-el-estudio-nuestra-experiencia/>.
- [13] Structuralia, «Cómo abordar la implementación BIM en mi empresa,» octubre 2018.. Available: <https://blog.structuralia.com/como-abordar-la-implantacion-bim-en-mi-empresa>.
- [14] buildingSMART, «BIM,» 2018.. Available: <https://www.buildingsmart.es/observatorio-bim/estudios/situacion-profesionales-bim/>.



- 
- [15] «BIM Community,» 2018. Available:  
<https://www.bimcommunity.com/technical/load/620/bim-4d-what-is-and-how-can-you-apply-it-to-your-projects>.
- [16] A. Rajado Barberena, «Análisis y mejora del método de planificación lineal LSM (Linear Scheduling Method) para su aplicacion en obra civil en España.,» Escuela técnica Superior de Ingeniería Industrial , Universidad de la Rioja, La Rioja, 2015.



## ANEJOS

---

## Academia Synchrono

Para la realización práctica de este trabajo, como ya se ya mencionado anteriormente, se ya utilizado el software Synchrono. Para comprender su complejidad, entender su funcionamiento, aprender a utilizar sus herramientas y comandos, Synchrono ofrece una plataforma digital de aprendizaje, gratuita, donde te puedes registrar y acudir a un curso online en la que, por una parte, te explican las diferencias de este software con otros de sus mismas competencias, todas las ventajas que tiene y usos; y por la otra, a partir de video tutoriales de no más de cinco minutos, te enseñan como crear tu proyecto y a su vez te ponen a prueba realizándote preguntas tipo test que debes responder para proseguir, un proyecto ya elaborado para practicar, el mismo que utilizan ellos para las explicaciones, ofreciéndote una guía en formato pdf y “templates” para la creación de informes 3D e informes tabulares.

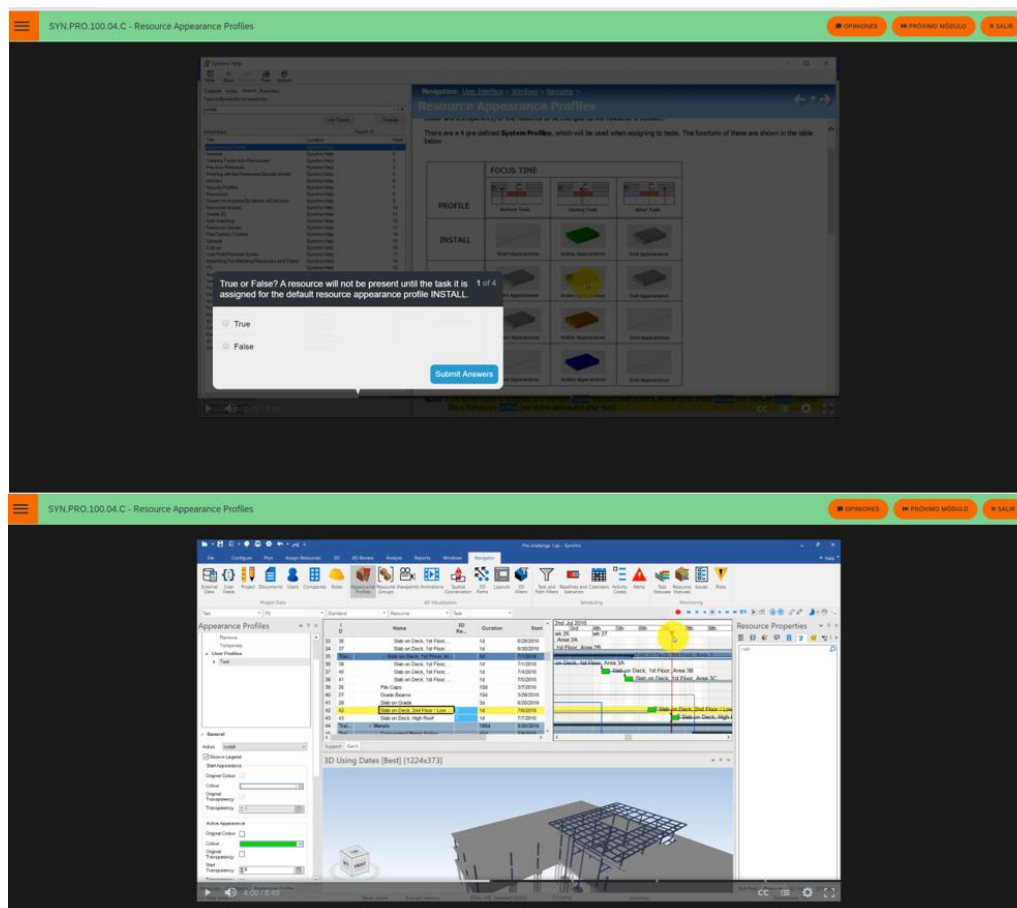


Ilustración 54: Synchrono Academy (Elaboración propia)

## Entrevistas a profesionales del sector.

Las siguientes entrevistas son parte de la investigación del trabajo de final de Grado “Ventajas de la digitalización en la planificación de obras: cuarta dimensión de BIM”.

Se han realizado con dos claros objetivos:

- 1) Obtener información de primera mano para conocer cómo se trabaja la planificación en obra al día de hoy, quién crea esta planificación, cómo la hace, quién la consulta, cómo se consulta..., para tener una idea clara y real de la situación en la que nos encontramos ahora mismo. Por eso se han elegido a cuatro profesionales, tres ingenieros de caminos, para que nos den la visión que sólo la experiencia y los años de trabajo pueden dar.
- 2) Saber la opinión que tienen sobre el BIM en sí, es decir, qué opinan de esta metodología, si la conocen, si la encuentran útil, si se están adaptando a ella ...

Las entrevistas son realizadas a personas de interés, personas en las que confió por su experiencia en sector y cercanas a mí.

Las entrevistas son realizadas durante los meses de vacaciones y/o por cuestiones logísticas han sido enviadas y respondidas vía email.

### Primer entrevistado;

Mariano Sanz Oriente, Ingeniero de caminos, actualmente Director Gerente en empresa de construcción “Contratistas Mallorquines Asociados, S.A. (COMASA). Esta empresa con un recorrido muy largo fundada en 1965 especializada en obras de carretera, urbanizaciones, vialidad urbana (obras públicas como privadas), ejecución de obras marítimas, túneles, obras hidráulicas, edificación etc. En 2008 compró el 100% de la empresa UNITRAL SL, especialista en Estructuras metálicas, que ha ejecutado infinidad de estructuras para edificios, viviendas unifamiliares, naves industriales y todo tipo de refuerzos estructurales. COMASA ha trabajado durante todo este tiempo en las cuatro islas Baleares contando allí con múltiples obras ejecutadas como pueden ser la carretera “Andratx-Puerto de Andratx” el “Túnel de Sa Mola” o el “acceso al Puerto de Sóller” entre muchísimos otros, también estuvo unos años trabajando en Catalunya.

Las preguntas realizadas son las siguientes:

**¿Qué perfil tiene el encargado de realizar la planificación?**

*La planificación de la obra a medio plazo en una empresa constructora la debe hacer el Jefe de Obra (habitualmente un técnico titulado: ingeniero de caminos o aparejador). La planificación a corto plazo, de las necesidades inmediatas en obra, la hace el encargado de la obra, de acuerdo con el Jefe de Obra.*

**¿Quién trabaja en la planificación? ¿Quién debe consultarla? (proyectista, jefe de obra...)**

*En la planificación trabaja, por parte de la Dirección Técnica de la Obra, el director de obra y el Director de ejecución de la obra. Por parte de la empresa constructora, el Jefe de obra y el encargado.*

**Hablando de planificación técnica en obra, ¿es decir las actividades que se realizan directamente en la construcción, que tipo de software utilizan?**

*Normalmente el PROJECT, con apoyo del PRESTO.*

**¿Este software para que lo utilizan? (¿Planificar únicamente, también realiza presupuestos, en fase de diseño del proyecto, en obra ...?)**

*Tanto para preparar las licitaciones a las que nos presentamos, como para planificación y seguimiento de las obras adjudicadas.*

**Cuándo tienen algún imprevisto en la obra que afecta a la planificación, ¿Cómo lo hacen? (Cambian la planificación a mano, acuden al software, dejan constancia de ello ...)**

*La verdad es que, a menos que afecte de una manera importante en los plazos, no solemos acudir al software.*

---

**Con qué problemas se encuentran actualmente con la metodología/software... cuando planifican un proyecto? ¿Qué mejorarían si pudieran?**

*Lo más difícil es cuantificar acertadamente los rendimientos y los medios destinados a la ejecución de cada partida de obra. Y ambos datos afectan de forma definitiva en la planificación y en los presupuestos.*

**¿Conocen el BIM? ¿En qué punto se encuentran respecto a la implantación BIM?  
¿Tiene plan de futuro a pasarse al BIM? ¿cómo ven el tema de pasarse al BIM 4D?**

*Conocemos débilmente el BIM. Somos conscientes de que será la herramienta de un futuro próximo. Estamos preparando a algunos jefes de obra. Respecto a la implantación, estamos muy en la fase inicial. Lo haremos porque no habrá más remedio, aunque opino que, desde el punto de vista de una empresa constructora, el BIM nos generará más perjuicios que beneficios mientras no mejore muchísimo la calidad de los proyectos. No así desde el punto de vista de los proyectistas y de las Direcciones de Obra, que podrían salir muy beneficiados con su implantación.*

**Segundo entrevistado:**

Carlos Tutor Pellicer-Palacín, Ingeniero de Caminos, actual Cap de Servei d'Obres, Planificació y Supervisió de la Direcció insular de Carreteres (Consell Insular de Mallorca) , pero con una larga trayectoria profesional posterior en diferentes cargos ;Jefe de obra en Mallorca (1987-1991), Ingeniero de Construcción en el departamento de Carreteras del Govern Balear (funcionario de carrera) ( 1991-2001) o Ingeniero de Construcción en Carreteras (Infraestructures) del Consell Insular de Mallorca (2001-2017)., por lo que está especializado en obra pública . Algunos de sus proyectos son; el Tercer carril Palma-Aeropuerto, el Tramo 3 Segundo cinturón de Palma, Terceros carriles en Via de Cintura, el Acceso a Soller desde el túnel...

---

**¿Qué perfil tiene el encargado de realizar la planificación?**

*El encargado de realizar la planificación ha de ser un **técnico competente en la materia** que sepa discernir las actividades que se han de plasmar en la planificación (Gestión, tramitación, técnicas...) de un proyecto: desde su gestación, proyecto constructivo, licitación-contratación, ejecución, finalización, puesta en marcha, periodo de garantía y mantenimiento durante el periodo de vida útil.*

**¿Quién trabaja en la planificación? ¿Quién debe consultarla? (proyectista, jefe de obra...).**

*En cada estadio del proyecto han de trabajar con la planificación los técnicos competentes: Proyectista/s, Jefe de obra, Director de las Obras (representante de la Administración –Pública o Privada-) tanto para comprobar su cumplimiento, como variar adaptándola a las nuevas circunstancias (administrativas o nuevos condicionantes –terreno, cambio de materiales, económicos...).*

*Siempre debe estar disponible en cada actualización un resumen de plazos y costes, que se pueda presentar a la Propiedad, Compañías de Servicios, Administración Local o Estatal, Consejo de Accionistas....*

**Hablando de planificación técnica en obra, es decir, las actividades que se realizan directamente en la construcción, ¿Qué tipo de software utilizan? ¿Este software para que lo utilizan? (¿Planificar únicamente, también realiza presupuestos, en fase de diseño del proyecto, en obra ...?).**

*En Infraestructuras del Consell Insular se utiliza Excel, Presto y AutoCAD para los Planes de obra y los presupuestos.*

*Algunos contratistas usan programas basados en el PERT para determinar el camino crítico. Mediante la utilización de estos programas, se puede determinar en qué unidades es interesante incrementar el rendimiento para reducir el tiempo del camino crítico pudiendo obtener reducción del plazo de ejecución (y probablemente del coste o poder determinar el coste de esa reducción de plazo).*

*En Infraestructuras del Consell Insular se utiliza para Planificar, realización de presupuestos estimativos para decidir la actuación a proyectar y en obra para certificar.*



---

**Cuando tienen algún imprevisto en la obra que afecta a la planificación, ¿Cómo lo hacen? (cambian la planificación a mano, acuden al software, dejan constancia de ello ...).**

*En Infraestructuras del Consell Insular se trabaja con la planificación de obra que actualiza cada Contratista (se suelen utilizar Diagramas de Barras).*

**¿Con qué problemas se encuentran actualmente con la metodología/software... cuando planifican un proyecto? ¿Qué mejorarían si pudieran?**

*Creo que es necesario comenzar a implementar en la Administración metodología para el control de los proyectos desde su comienzo Orden de estudio, Proyecto, Licitación-Contratación, Ejecución de las Obras, Cierre Administrativo de las obras (devolución de la fianza), Mantenimiento de las Obras durante su periodo de vida y Explotación de la misma (en una carretera por ejemplo cambio de señalización...)*

**¿Conocen el BIM? ¿En qué punto se encuentran respecto a la implantación BIM? ¿Tiene plan de futuro a pasarse al BIM? ¿Cómo ven el tema de pasarse al BIM 4D?**

*No he interactuado con BIM. En Infraestructuras del Consell Insular no se ha comenzado, estamos en el preinicio (ha de haber una directriz política de comienzo).*

*Debería ser la tendencia. Quizás en Infraestructuras del Consell Insular entremos ya directamente.*

**Tercer entrevistado:**

---

Miquel Lluís Cerdá, Arquitecto, exeditor de base de datos del COAIB (Colegio Oficial de Arquitectos de las Illes Balears), trayectoria profesional de más de 25 años, también con despacho profesional privado junto a dos arquitectos más. HA participado en centenares de proyectos, *“acabó de imprimir el listado del COAIB de obras en las que he participado y me han salido 51 páginas con una media de 8 obras por página. Aunque, en realidad ninguna de ellas ha merecido salir en las revistas de arquitectura, me han servido para poder sustentar a mi familia estos 25 años”*.

### **¿Qué perfil tiene el encargado de realizar la planificación?**

*La planificación de la obra la realiza generalmente el contratista. En excepcionales ocasiones el proyecto lleva una planificación, en estos contados casos la planificación es papel mojado. Es lógico que quien conoce la capacidad de trabajo de sus cuadrillas de obra realice la planificación.*

### **¿Quién trabaja con la planificación? ¿Quién debe consultarla? (Proyectista, jefe de obra...).**

*Generalmente el propio contratista si la empresa es pequeña, o el encargado de la obra si la empresa es grande.*

### **Hablando de planificación técnica en obra, es decir, las actividades que se realizan directamente en la construcción, ¿Qué tipo de software utilizan?**

*No se utiliza ninguna aplicación específica. Acierta más un contratista con experiencia que una aplicación específica.*

### **¿Qué otros softwares en un proyecto utilizan? (Planificación, realiza presupuestos, en fase de diseño del proyecto, en obra ...).**

*Generalmente utilizan aplicaciones para mediciones, presupuestos y certificaciones. Los más conocidos son Presto y Arquímedes que también son capaces de generar diagramas de Gantt, pero, como he dicho antes, no se suelen utilizar porque los tiempos teóricos distan mucho de la realidad.*

---

**Cuando tienen algún imprevisto en la obra que afecta a la planificación, ¿Cómo lo hacen? (cambian la planificación a mano, acuden al software, dejan constancia de ello ...).**

*En la práctica se hace lo que se puede. Se regaña al que no ha cumplido, y los demás industriales tienen que soportar el retraso que ello suponga. Cuando son una secuencia de trabajos encadenados, cuando uno falla la obra se retrasa inevitablemente por mucha programación que haya.*

**Con qué problemas se encuentran actualmente con la metodología/software... cuando planifican un proyecto? ¿Qué mejorarían si pudieran?**

*El problema no está en la planificación, el problema está en las personas. Algunas son responsables, otras no.*

**¿Conocen el BIM? ¿En qué punto se encuentran respecto a la implantación BIM?  
¿Tiene plan de futuro a pasarse al BIM? como ven el tema de pasarse al BIM 4D?**

*Conozco el BIM de oídas. La implantación actual en nuestro estudio es cero.*

*No, de momento hay intención de pasarse a la metodología BIM. La razón es que he vivido anteriormente el desarrollo del formato FIE-BDC. Este formato español nacido por iniciativa privada en 1996, sólo dos años después de que me colegiara, pretendía que todos los programas de mediciones y presupuestos pudieran intercambiarse información. En general, el objetivo se consiguió, y el formato ha ido evolucionando bien desde un punto de vista técnico, pero no desde un punto de vista conceptual. Quiero decir, que un programa puede abrir perfectamente el archivo generado por otro, sin embargo, puede haber el mismo concepto repetido y codificado de distinta manera si se usan varias bases de datos.*

*Tuve ocasión de trabajar para IVE y para el COAIB como editores de bases de datos, y me tocó lidiar con los fabricantes de software de mediciones. Curiosamente el que peor se adapta al estándar era el más grande (en aquel momento Presto). Hoy sigue existiendo el estándar bc3, pero Cype lleva la delantera con su generador de precios. Hay mejoras en la forma introducir los datos y en la definición de las partidas, pero sigue sin haber uniformidad de conceptos entre las distintas bases de datos, en el fondo a cada editor le interesa vender su base de datos.*

---

*Si ya es difícil ponerse de acuerdo en los conceptos de un presupuesto, mucho más modelar todo el acto edificatorio. Lo más probable es que acabe siendo compatible entre determinados programas concretos, e incompatible con el resto. Aunque se asocien los fabricantes de software, como hicieron los del consorcio FIE-BDC, obligándose a cumplir el estándar, cuando un miembro propone un avance los demás miembros son reticentes a aceptar los cambios, aunque sean buenos, porque la empresa que lo propone ya les lleva ventaja en su implementación. Y dado que la implantación de esta metodología en un estudio de arquitectura lleva su coste, estamos a la expectativa.*

*Por otra parte, hay que tener en cuenta que la construcción (todavía en la actualidad) es un proceso más artesanal que industrial, es muy difícil poder encasillar todo en unos objetos abstractos.*

#### **Cuarto entrevistado;**

Oscar Garcia de Vicuña Amedo, 6 años en la constructora BRUESA y 7 años en el ejercicio libre de la profesión (vinculado a Planeamiento y Tecnología SA), entrevistado en nombre del despacho de ingeniería “Planeamiento y Tecnología SA” situado en Palma, formado por cuatro ingenieros de caminos y dos empleados. Con más de 40 años de experiencia en el sector, y por ello se caracteriza por su experiencia en campo. Sus proyectos generalmente de ámbito más hidráulico y de obra marítima, con ejemplos como; Proyecto y D.O. de refuerzo y mantenimiento del muelle adosado al dique del club Náutico Serranova en Sta. Margarita, Proyecto y D.O. de refuerzo y mantenimiento del muelle adosado al dique del club Náutico Serranova en Sta. Margarita o Proyecto básico de prolongación del muelle del dique y ampliación de la explanada de contradique de Puerto Portals. entre otros muchos a destacar. Siguen metodología clásica, rehuelen de softwares “complicados”.

#### **¿Qué perfil tiene el encargado de realizar la planificación?**

*El ingeniero responsable del proyecto. Hay que tener en cuenta que en Mallorca los medios para hacer las obras son limitados y los rendimientos teóricos no se cumple, por lo que la experiencia es fundamental para redactar el “planning”.*

---

**¿Quién trabaja con la planificación? ¿Quién debe consultarla? (proyectista, jefe de obra...)**

*Proyectista, Administración / cliente, Director de Obra, Contratista y responsable financiero (determina la tesorería de la que se debe disponer)*

**Hablando de planificación técnica en obra, es decir las actividades que se realizan directamente en la construcción, ¿Qué tipo de software utilizan?**

*Se planifica a mano según nuestra experiencia. No hay software. Solo un gráfico Gantt que se revisa a mano y se actualiza. Luego presentamos el “planning” en barras (Gantt) con el programa Project de Office.*

**Cuando tienen algún imprevisto en la obra que afecta a la planificación, ¿Cómo lo hacen? (cambian la planificación a mano, acuden al software, dejan constancia de ello ...)**

*Normalmente los “planning” son contractuales para la constructora y su incumplimiento ocasiona penalizaciones, por lo que se revisan periódicamente o de forma extraordinaria si hay una incidencia grave. Se suelen adjuntar a las actas de obra y firmar.*

**Con qué problemas se encuentran actualmente con la metodología/software... cuando planifican un proyecto? ¿Qué mejorarían si pudieran?**

*En obras grandes en las que existen muchos técnicos y cada uno depende del resto para empezar su parte de obra, no suele resultar ágil esta metodología, no es fácil estar al tanto del desarrollo de la parte de obra de otro técnico y no es fácil revisar el “planning” general. Debería existir un único “planning” en red al que pudiéramos acceder todas las partes (técnicos, propiedad...) y que cada uno tenga licencia solo para actualizar sus barras. Más interactivo.*

**¿Conocen el BIM? ¿En qué punto se encuentran respecto a la implantación BIM?**

*No, creo que hay que invertir mucho tiempo y dinero. Ahora mismo no le veo rendimiento.*

---

## Informes de Planificación

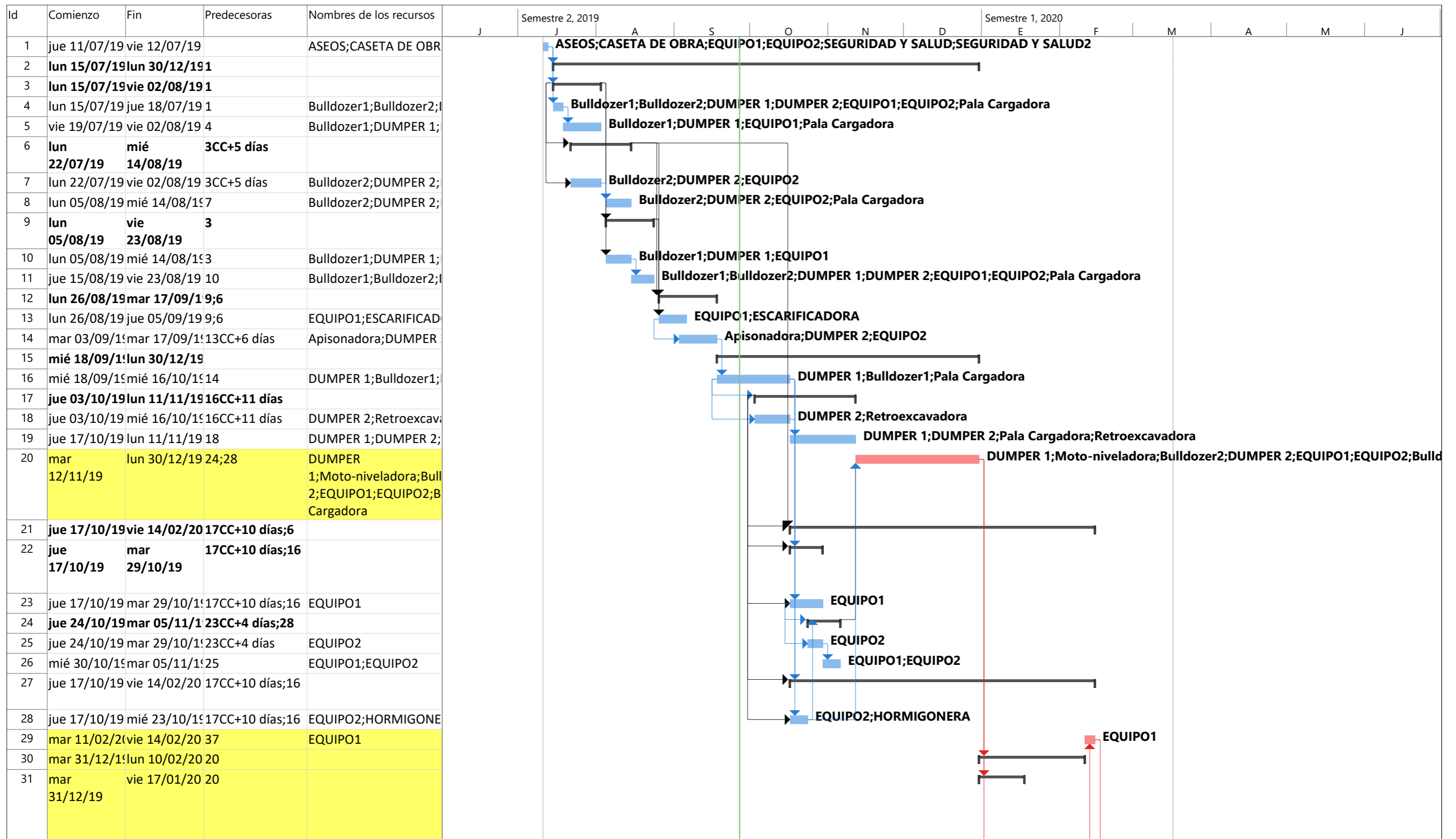
En este anejo encontraremos los informes de los que se hace referencia en la memoria.

Primeramente, los generados por Microsoft Project; y estarán ordenados los siguientes apartados; Caso BASE, Caso TUBERÍAS, Caso LLUVIA, Caso CALIDAD, Caso PK. Cada apartado contendrá; el diagrama de Gantt indicando el camino crítico, el diagrama de Gantt de seguimiento, el informe de Información General del Proyecto, el informe de Visión General de los Recursos y el informe de Tareas críticas.

A continuación, los informes generados por Synchro. Los apartados serán los mismos que con Microsoft, pero su contenido de informes variará según sean relevantes para cada caso. Los informes que se encontraran pueden ser, de Gantt indicando el camino crítico, el diagrama de Gantt de seguimiento, el informe de Comparación de Planificaciones, el informe de Chequeo, los informes 3D (para visualizarlos de debe dar permiso al visor de pdf.), la Hoja de cálculo de tareas, la Hoja de cálculo de recursos, el informe de Reprogramación.

CASO BASE

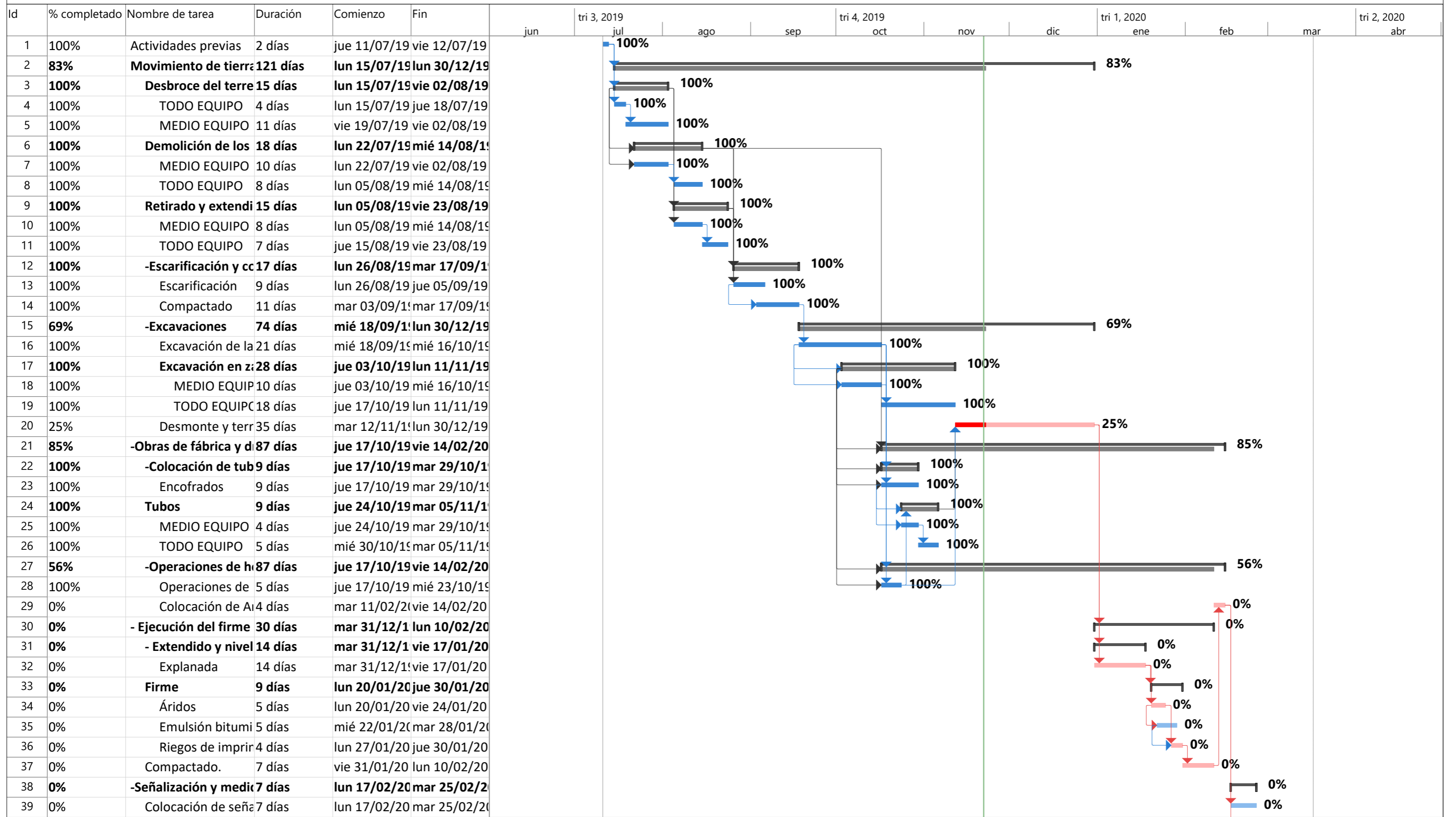
---



Proyecto: BASE.mpp Fecha: vie 27/09/19	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			

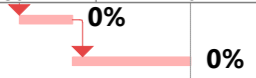






Tareas críticas		Progreso de tarea		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
División crítica		Tarea manual		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Tarea		solo fin		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
División		solo duración		Progreso del resumen		Hito externo			

Id	% completado	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	jun	tri 3, 2019 jul	ago	sep	tri 4, 2019 oct	nov	dic	tri 1, 2020 ene	feb	mar	tri 2, 2020 abr	
40	0%	Operaciones de pir	7 días	lun 17/02/20	mar 25/02/20												
41	0%	Jardinería y Acabados	14 días	mié 26/02/20	lun 16/03/20												



Tareas críticas		Progreso de tarea		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
División crítica		Tarea manual		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Tarea		solo fin		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
División		solo duración		Progreso del resumen		Hito externo			

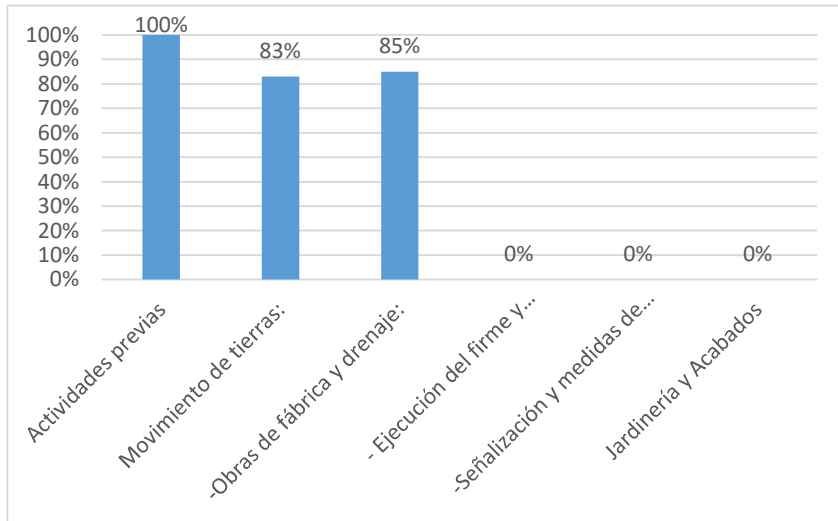
# INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

JUE 11/07/19 - LUN 16/03/20

% COMPLETADO

62%

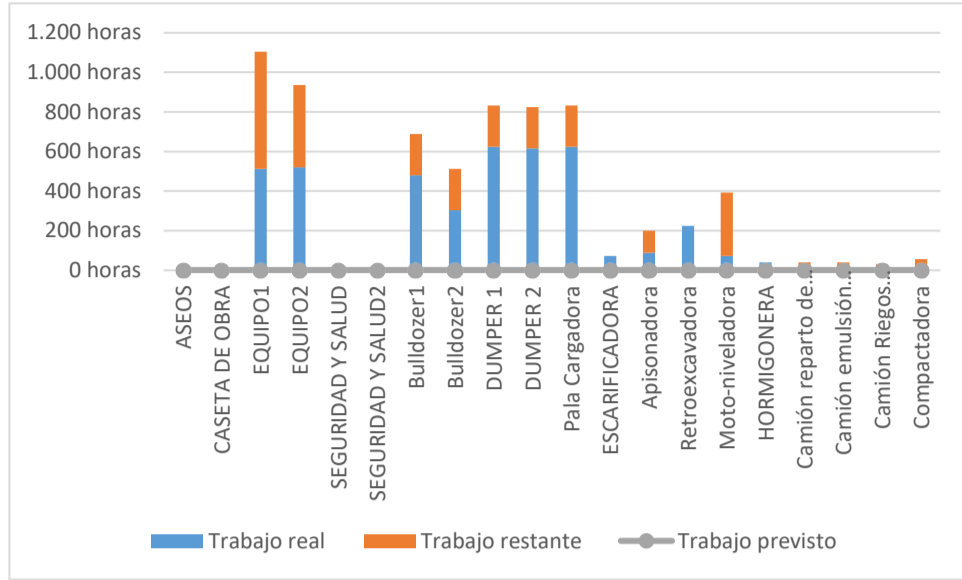
% COMPLETADO



# VISIÓN GENERAL DE LOS RECURSOS

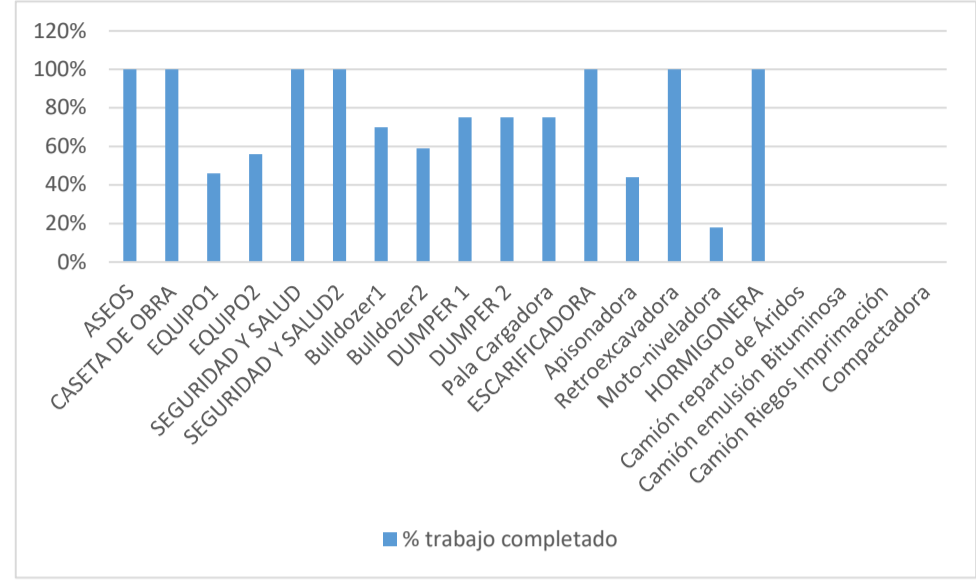
## ESTADÍSTICAS DE RECURSOS

Estado de trabajo de todos los recursos de trabajo.



## ESTADO DEL TRABAJO

% trabajo realizado por todos los recursos de trabajo.

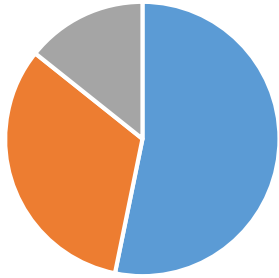


## ESTADO DE LOS RECURSOS

Trabajo restante para todos los recursos de trabajo

Nombre	Comienzo	Fin	Trabajo restante
ASEOS	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
CASETA DE OBRA	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
EQUIPO1	jue 11/07/19	lun 16/03/20	592 horas
EQUIPO2	jue 11/07/19	lun 16/03/20	416 horas
SEGURIDAD Y SALUD	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
SEGURIDAD Y SALUD2	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
Bulldozer1	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
Bulldozer2	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
DUMPER 1	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
DUMPER 2	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
Pala Cargadora	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
ESCARIFICADORA	lun 26/08/19	jue 05/09/19	0 horas
Apisonadora	mar 03/09/19	vie 17/01/20	112 horas
Retroexcavadora	jue 03/10/19	lun 11/11/19	0 horas
Moto-niveladora	mar 12/11/19	vie 17/01/20	320 horas
HORMIGONERA	jue 17/10/19	mié 23/10/19	0 horas
Camión reparto de Áridos	lun 20/01/20	vie 24/01/20	40 horas
Camión emulsión Bituminosa	mié 22/01/20	mar 28/01/20	40 horas
Camión Riegos Imprimación	lun 27/01/20	jue 30/01/20	32 horas
Compactadora	vie 31/01/20	lun 10/02/20	56 horas

# TAREAS CRÍTICAS



- Estado: Completada
- Estado: Según lo programado
- Estado: Tarea futura

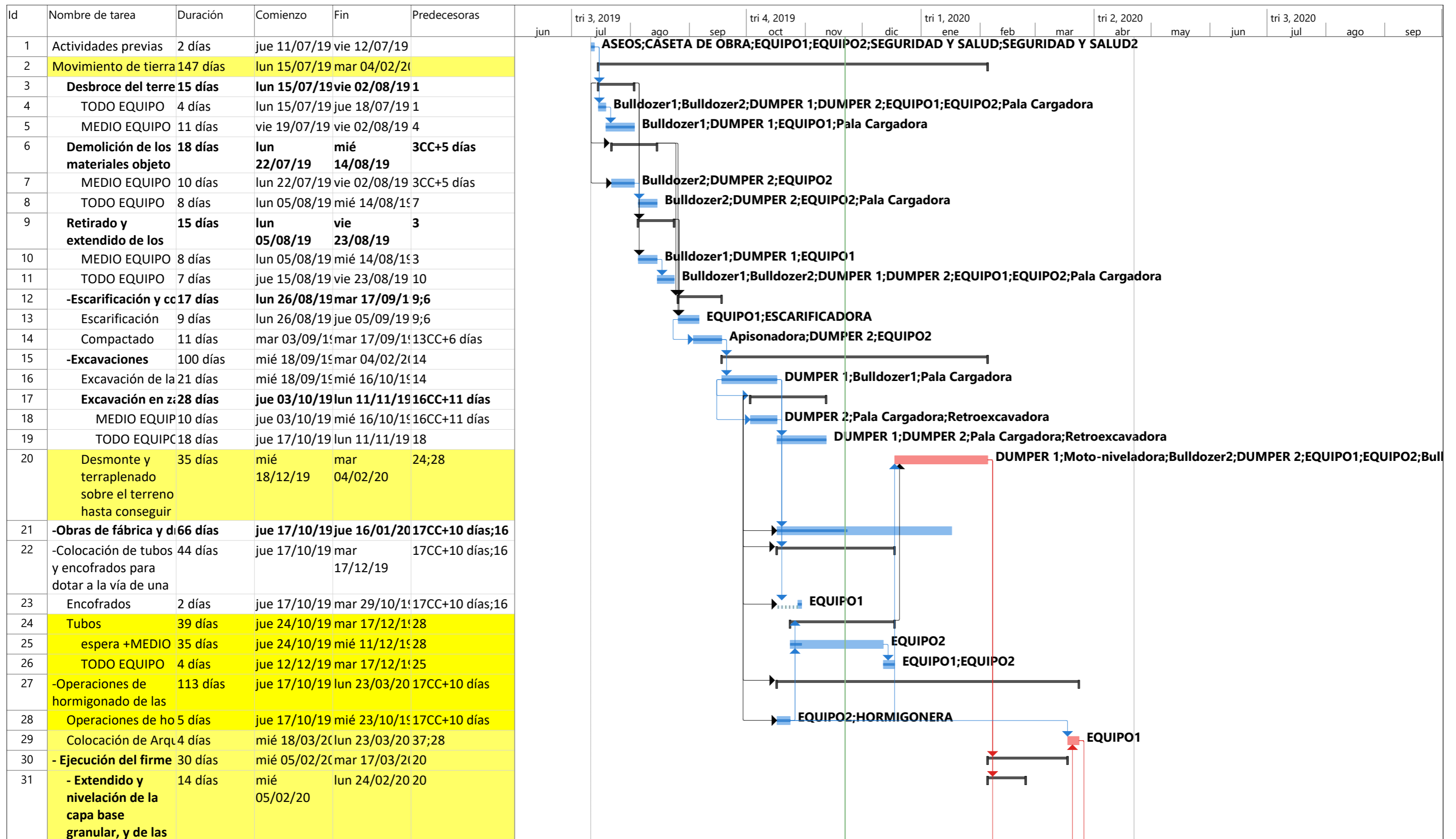
Una tarea es crítica si no hay espacio en la programación para que se retrase.

[Conozca más acerca de cómo administrar la ruta crítica del proyecto.](#)

Nombre	Comienzo	Fin	% completado	Trabajo restante	Nombres de los recursos
Desmante y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista	mar 12/11/19	lun 30/12/19	25%	1.680 horas	DUMPER 1;Moto-niveladora;Bulldozer2;DUMPER 2;EQUIPO1;EQUIPO2;Bulldozer1;Pala Cargadora
Colocación de Arquetas	mar 11/02/20	vie 14/02/20	0%	32 horas	EQUIPO1
Explanada	mar 31/12/19	vie 17/01/20	0%	336 horas	Apisonadora;EQUIPO1;Moto-niveladora
Áridos	lun 20/01/20	vie 24/01/20	0%	80 horas	Camión reparto de Áridos;EQUIPO1
Riegos de imprimación y adherencia	lun 27/01/20	jue 30/01/20	0%	64 horas	Camión Riegos Imprimación;EQUIPO1
Compactado.	vie 31/01/20	lun 10/02/20	0%	56 horas	Compactadora
Operaciones de pintado del vial.	lun 17/02/20	mar 25/02/20	0%	56 horas	EQUIPO2
Jardinería y Acabados	mié 26/02/20	lun 16/03/20	0%	224 horas	EQUIPO1;EQUIPO2

## CASO TUBERÍAS

---

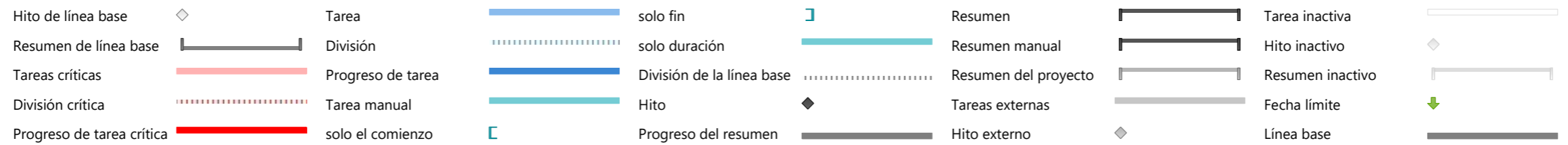
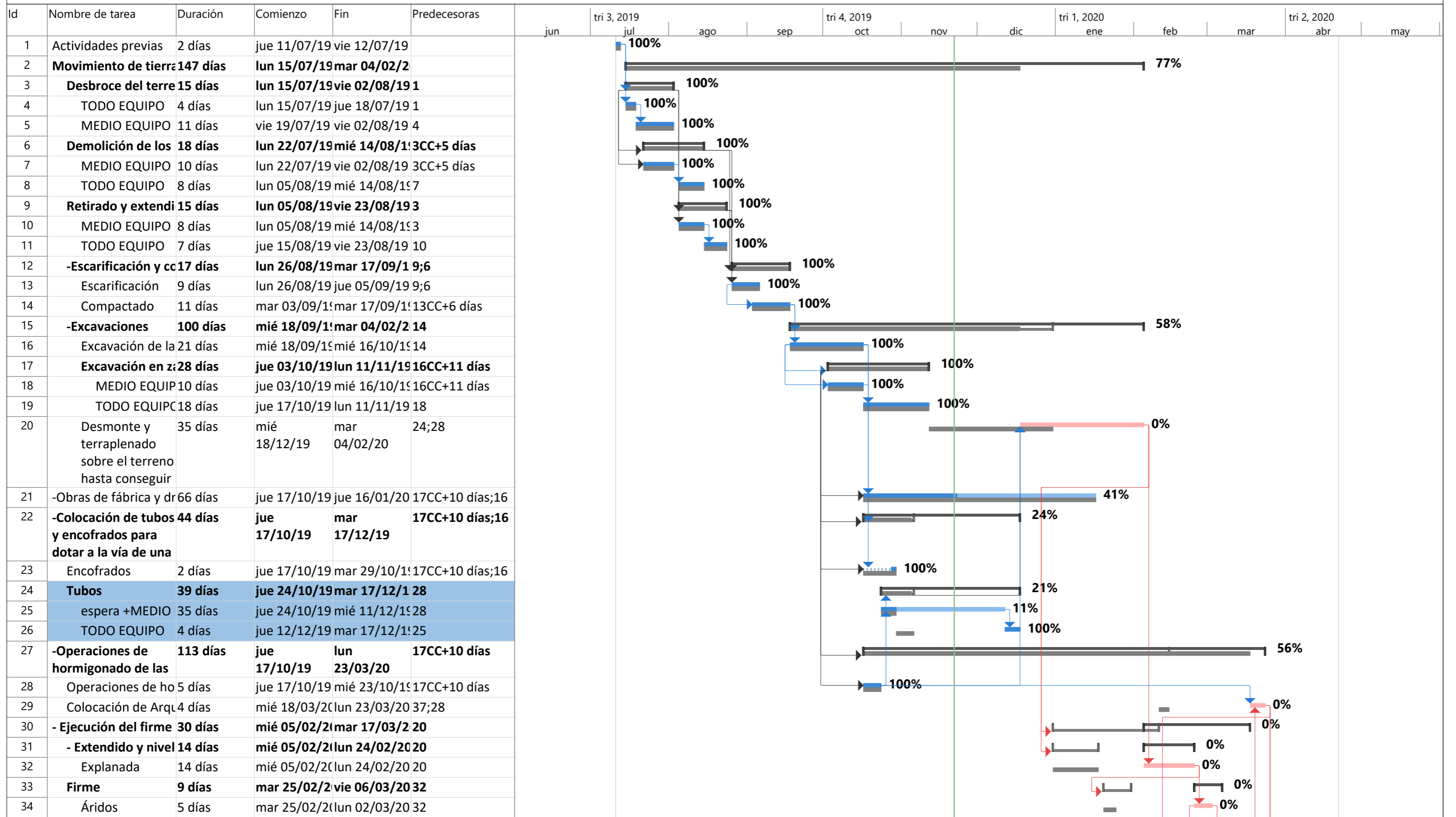


Proyecto: basetubos Fecha: vie 27/09/19	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			



Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Gantt Chart											
						jun	tri 3, 2019	ago	sep	tri 4, 2019	nov	dic	tri 1, 2020	ene	feb	mar	tri 2, 2020
32	Explanada	14 días	mié 05/02/20	lun 24/02/20	20												
33	Firme	9 días	mar 25/02/20	vie 06/03/20	32												
34	Áridos	5 días	mar 25/02/20	lun 02/03/20	32												
35	Emulsión bitumi	3 días	jue 27/02/20	lun 02/03/20	34CC+2 días												
36	Riegos de imprin	4 días	mar 03/03/20	vie 06/03/20	35CC+3 días;34												
37	Compactado.	7 días	lun 09/03/20	mar 17/03/20	36												
38	-Señalización y medidas de	7 días	mar 24/03/20	mié 01/04/20	29												
39	Colocación de seña	7 días	mar 24/03/20	mié 01/04/20	29												
40	Operaciones de pir	7 días	mar 24/03/20	mié 01/04/20	29												
41	Jardinería y Acabado	14 días	jue 02/04/20	mar 21/04/20	40;38												

Proyecto: basetubos Fecha: vie 27/09/19	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			





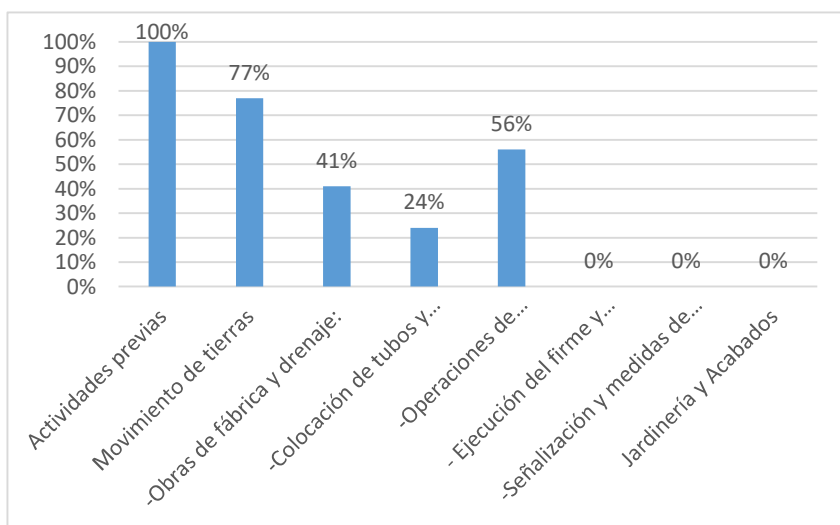
# INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

JUE 11/07/19 - MAR 21/04/20

% COMPLETADO

49%

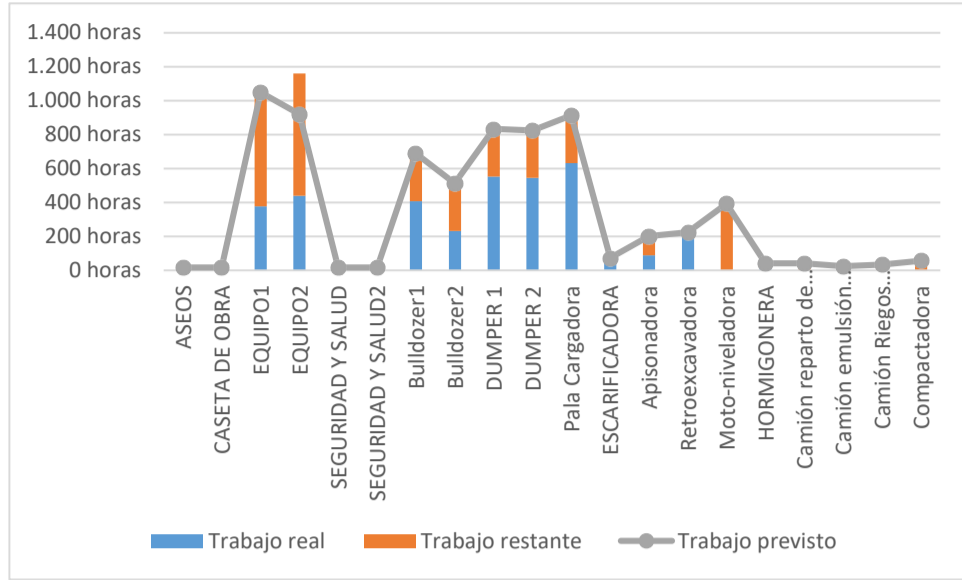
% COMPLETADO



# VISIÓN GENERAL DE LOS RECURSOS

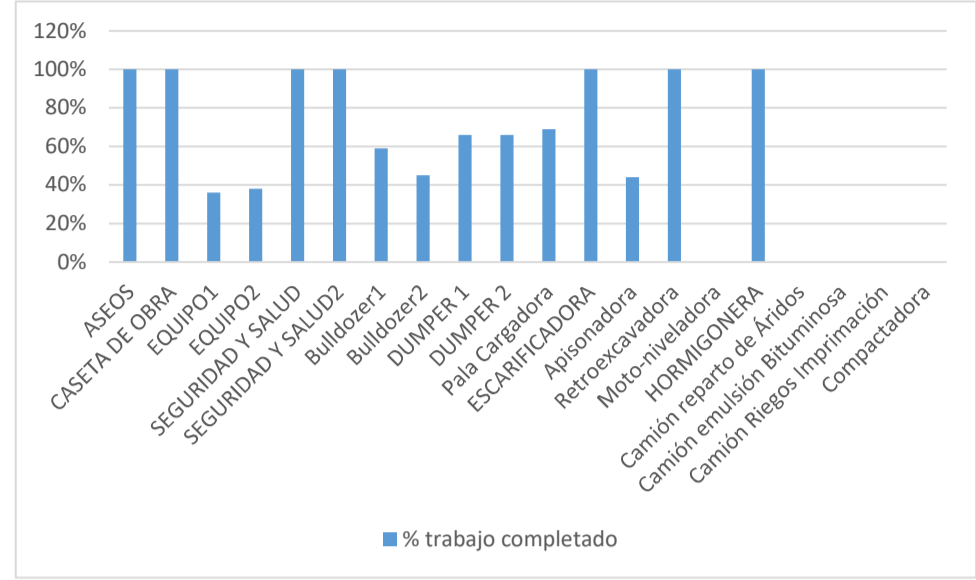
## ESTADÍSTICAS DE RECURSOS

Estado de trabajo de todos los recursos de trabajo.



## ESTADO DEL TRABAJO

% trabajo realizado por todos los recursos de trabajo.



## ESTADO DE LOS RECURSOS

Trabajo restante para todos los recursos de trabajo

Nombre	Comienzo	Fin	Trabajo restante
ASEOS	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
CASETA DE OBRA	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
EQUIPO1	jue 11/07/19	mar 21/04/20	664 horas
EQUIPO2	jue 11/07/19	mar 21/04/20	720 horas
SEGURIDAD Y SALUD	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
SEGURIDAD Y SALUD2	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
Bulldozer1	lun 15/07/19	mar 04/02/20	280 horas
Bulldozer2	lun 15/07/19	mar 04/02/20	280 horas
DUMPER 1	lun 15/07/19	mar 04/02/20	280 horas
DUMPER 2	lun 15/07/19	mar 04/02/20	280 horas
Pala Cargadora	lun 15/07/19	mar 04/02/20	280 horas
ESCARIFICADORA	lun 26/08/19	jue 05/09/19	0 horas
Apisonadora	mar 03/09/19	lun 24/02/20	112 horas
Retroexcavadora	jue 03/10/19	lun 11/11/19	0 horas
Moto-niveladora	mié 18/12/19	lun 24/02/20	392 horas
HORMIGONERA	jue 17/10/19	mié 23/10/19	0 horas
Camión reparto de Áridos	mar 25/02/20	lun 02/03/20	40 horas
Camión emulsión Bituminosa	jue 27/02/20	lun 02/03/20	24 horas
Camión Riegos Imprimación	mar 03/03/20	vie 06/03/20	32 horas
Compactadora	lun 09/03/20	mar 17/03/20	56 horas

# TAREAS CRÍTICAS



- Estado: Completada
- Estado: Según lo programado
- Estado: Retrasada
- Estado: Tarea futura

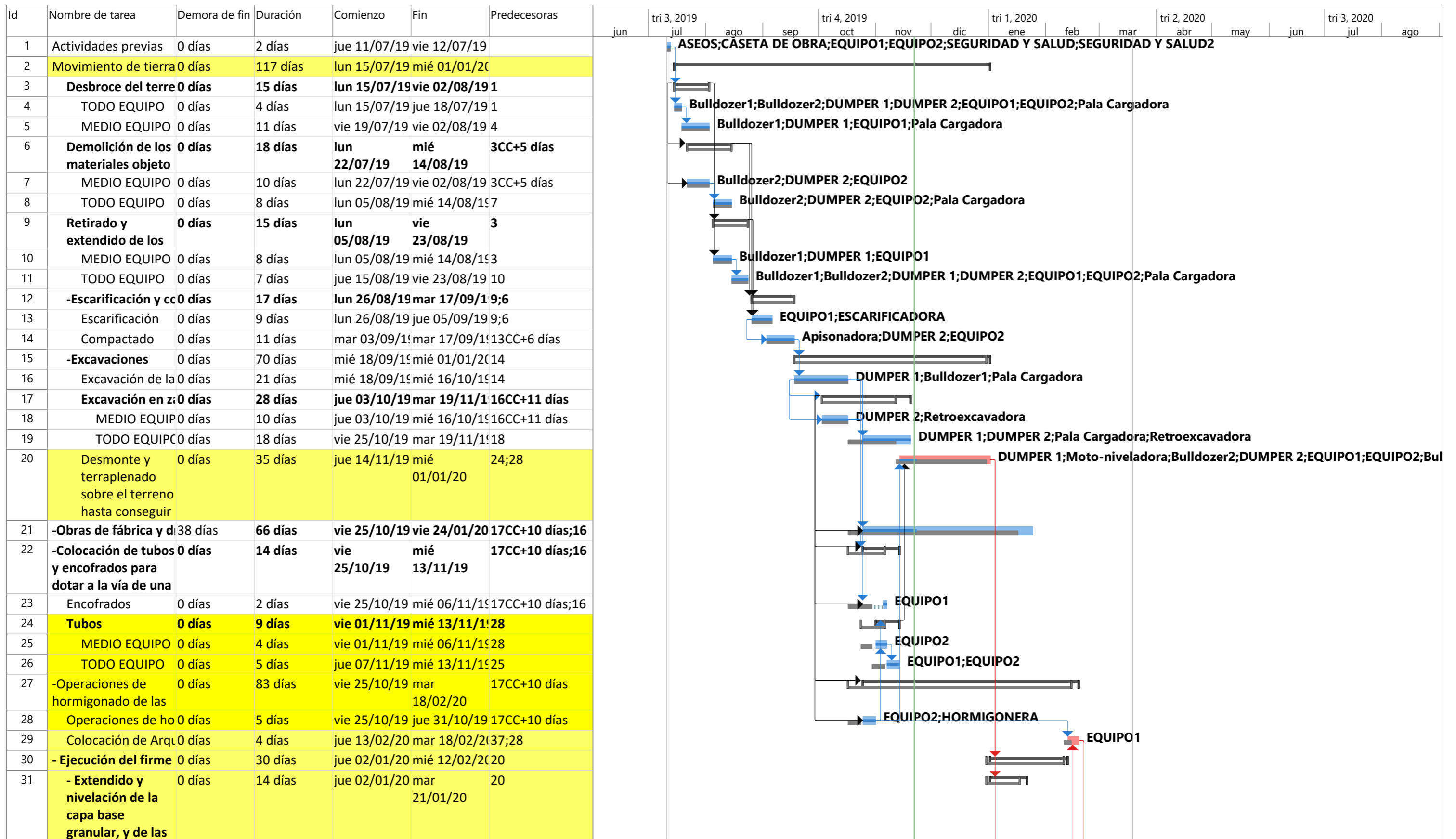
Una tarea es crítica si no hay espacio en la programación para que se retrase.

[Conozca más acerca de cómo administrar la ruta crítica del proyecto.](#)

Nombre	Comienzo	Fin	% completado	Trabajo restante	Nombres de los recursos
Desmote y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista	mié 18/12/19	mar 04/02/20	0%	2.240 horas	DUMPER 1;Motoniveladora;Bulldozer2;DUMPER 2;EQUIPO1;EQUIPO2;Bulldozer1;Pala Cargadora
Colocación de Arquetas	mié 18/03/20	lun 23/03/20	0%	32 horas	EQUIPO1
Explanada	mié 05/02/20	lun 24/02/20	0%	336 horas	Apisonadora;EQUIPO1;Motoniveladora
Áridos	mar 25/02/20	lun 02/03/20	0%	80 horas	Camión reparto de Áridos;EQUIPO1
Emulsión bituminosas	jue 27/02/20	lun 02/03/20	0%	48 horas	Camión emulsión Bituminosa;EQUIPO2
Riegos de imprimación y adherencia	mar 03/03/20	vie 06/03/20	0%	64 horas	Camión Riegos Imprimación;EQUIPO1
Compactado.	lun 09/03/20	mar 17/03/20	0%	56 horas	Compactadora
Colocación de señales verticales y barreras de seguridad necesarias (INICIO-FIN)	mar 24/03/20	mié 01/04/20	0%	56 horas	EQUIPO1
Operaciones de pintado del vial.	mar 24/03/20	mié 01/04/20	0%	56 horas	EQUIPO2
Jardinería y Acabados	jue 02/04/20	mar 21/04/20	0%	224 horas	EQUIPO1;EQUIPO2

## CASO LLUVIA

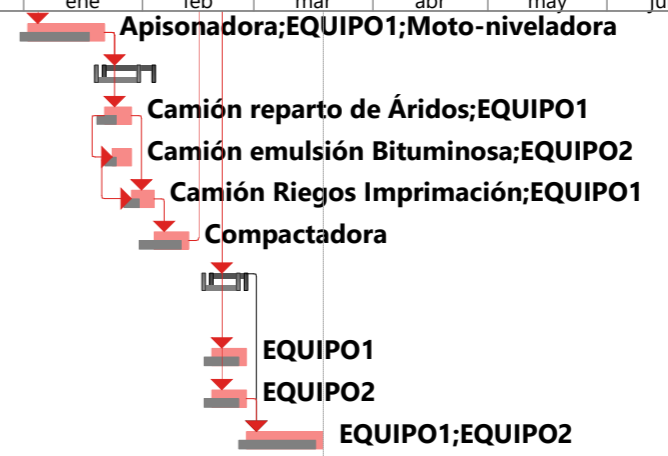
---



Proyecto: gantlluviacnacasobas Fecha: vie 27/09/19	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Hito de línea base	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite		Resumen de línea base	
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas		Progreso	
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica		Progreso manual	
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Línea base			



Id	Nombre de tarea	Demora de fin	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	tri 3, 2019			tri 4, 2019			tri 1, 2020			tri 2, 2020			tri 3, 2020		
							jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago
32	Explanada	0 días	14 días	jue 02/01/20	mar 21/01/20																
33	Firme	0 días	9 días	mié 22/01/20	lun 03/02/20	32															
34	Áridos	0 días	5 días	mié 22/01/20	mar 28/01/20	32															
35	Emulsión bitumi	0 días	3 días	vie 24/01/20	mar 28/01/20	34															
36	Riegos de imprim	0 días	4 días	mié 29/01/20	lun 03/02/20	35															
37	Compactado.	0 días	7 días	mar 04/02/20	mié 12/02/20	36															
38	-Señalización y medidas de	0 días	7 días	mié 19/02/20	jue 27/02/20	29															
39	Colocación de seña	0 días	7 días	mié 19/02/20	jue 27/02/20	29															
40	Operaciones de pir	0 días	7 días	mié 19/02/20	jue 27/02/20	29															
41	Jardinería y Acabado	0 días	14 días	vie 28/02/20	mié 18/03/20	40;38															

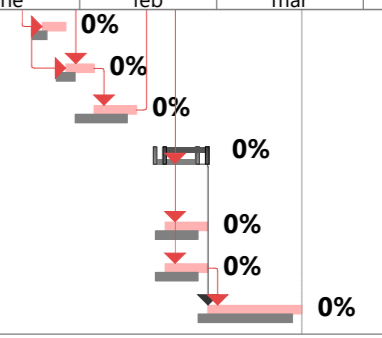


Proyecto: gantlluviacnacasobas Fecha: vie 27/09/19	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Hito de línea base	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite		Resumen de línea base	
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas		Progreso	
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica		Progreso manual	
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Línea base			

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Demora de fin	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Timeline																		
								jun	tri 3, 2019	ago	sep	tri 4, 2019	nov	dic	tri 1, 2020	feb	mar	tri 2, 2020								
1	✓	Actividades previas	0 días	2 días	jue 11/07/19	vie 12/07/19																				
2	→	<b>Movimiento de tierra</b>	0 días	<b>117 días</b>	<b>lun 15/07/19</b>	<b>mié 01/01/20</b>																			82%	
3	✓	<b>Desbroce del terreno</b>	0 días	<b>15 días</b>	<b>lun 15/07/19</b>	<b>vie 02/08/19</b>	1																			
4	✓	TODO EQUIPO	0 días	4 días	lun 15/07/19	jue 18/07/19	1																			
5	✓	MEDIO EQUIPO	0 días	11 días	vie 19/07/19	vie 02/08/19	4																			
6	✓	<b>Demolición de los</b>	0 días	<b>18 días</b>	<b>lun 22/07/19</b>	<b>mié 14/08/19</b>	3CC+5 días																			
7	✓	MEDIO EQUIPO	0 días	10 días	lun 22/07/19	vie 02/08/19	3CC+5 días																			
8	✓	TODO EQUIPO	0 días	8 días	lun 05/08/19	mié 14/08/19	7																			
9	✓	<b>Retirado y extendi</b>	0 días	<b>15 días</b>	<b>lun 05/08/19</b>	<b>vie 23/08/19</b>	3																			
10	✓	MEDIO EQUIPO	0 días	8 días	lun 05/08/19	mié 14/08/19	3																			
11	✓	TODO EQUIPO	0 días	7 días	jue 15/08/19	vie 23/08/19	10																			
12	✓	<b>-Escarificación y cc</b>	0 días	<b>17 días</b>	<b>lun 26/08/19</b>	<b>mar 17/09/19</b>	9;6																			
13	✓	Escarificación	0 días	9 días	lun 26/08/19	jue 05/09/19	9;6																			
14	✓	Compactado	0 días	11 días	mar 03/09/19	mar 17/09/19	13CC+6 días																			
15	→	<b>-Excavaciones</b>	0 días	<b>70 días</b>	<b>mié 18/09/19</b>	<b>mié 01/01/20</b>	14																			67%
16	✓	Excavación de la	0 días	21 días	mié 18/09/19	mié 16/10/19	14																			
17	✓	<b>Excavación en z</b>	0 días	<b>28 días</b>	<b>jue 03/10/19</b>	<b>mar 19/11/19</b>	16CC+11 días																			
18	✓	MEDIO EQUIPO	0 días	10 días	jue 03/10/19	mié 16/10/19	16CC+11 días																			
19	✓	TODO EQUIPO	0 días	18 días	vie 25/10/19	mar 19/11/19	18																			
20	📅	Desmonte y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir	0 días	35 días	jue 14/11/19	mié 01/01/20	24;28																			20%
21	→	-Obras de fábrica y dr	38 días	66 días	vie 25/10/19	vie 24/01/20	17CC+10 días;16																			32%
22	✓	<b>-Colocación de tubos y encofrados para dotar a la vía de una</b>	0 días	<b>14 días</b>	<b>vie 25/10/19</b>	<b>mié 13/11/19</b>	17CC+10 días;16																			
23	✓	Encofrados	0 días	2 días	vie 25/10/19	mié 06/11/19	17CC+10 días;16																			
24	✓	<b>Tubos</b>	0 días	<b>9 días</b>	<b>vie 01/11/19</b>	<b>mié 13/11/19</b>	28																			
25	✓	MEDIO EQUIPO	0 días	4 días	vie 01/11/19	mié 06/11/19	28																			
26	✓	TODO EQUIPO	0 días	5 días	jue 07/11/19	mié 13/11/19	25																			
27	→	<b>-Operaciones de hormigonado de las</b>	0 días	<b>83 días</b>	<b>vie 25/10/19</b>	<b>mar 18/02/20</b>	17CC+10 días																			56%
28	✓	Operaciones de ho	0 días	5 días	vie 25/10/19	jue 31/10/19	17CC+10 días																			
29	📅	Colocación de Arqu	0 días	4 días	jue 13/02/20	mar 18/02/20	37;28																			
30	→	<b>- Ejecución del firme</b>	0 días	<b>30 días</b>	<b>jue 02/01/20</b>	<b>mié 12/02/20</b>	20																			0%
31	→	<b>- Extendido y nivel</b>	0 días	<b>14 días</b>	<b>jue 02/01/20</b>	<b>mar 21/01/20</b>	20																			0%
32	📅	Explanada	0 días	14 días	jue 02/01/20	mar 21/01/20	20																			0%
33	→	<b>Firme</b>	0 días	<b>9 días</b>	<b>mié 22/01/20</b>	<b>lun 03/02/20</b>	32																			0%
34	📅	Áridos	0 días	5 días	mié 22/01/20	mar 28/01/20	32																			0%

gantlluviacnacasobase.mpp

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Demora de fin	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Timeline											
								jun	tri 3, 2019	ago	sep	tri 4, 2019	nov	dic	tri 1, 2020	feb	mar	tri 2, 2020	
35		Emulsión bitumi	0 días	3 días	vie 24/01/20	mar 28/01/20	(34CC+2 días												
36		Riegos de imprimir	0 días	4 días	mié 29/01/20	lun 03/02/20	35CC+3 días;34												
37		Compactado.	0 días	7 días	mar 04/02/20	mié 12/02/20	(36												
38		<b>-Señalización y medidas de</b>	<b>0 días</b>	<b>7 días</b>	<b>mié 19/02/20</b>	<b>jue 27/02/20</b>	<b>29</b>												
39		Colocación de señ	0 días	7 días	mié 19/02/20	jue 27/02/20	29												
40		Operaciones de pir	0 días	7 días	mié 19/02/20	jue 27/02/20	29												
41		Jardinería y Acabados	0 días	14 días	vie 28/02/20	mié 18/03/20	(40;38												



Hito de línea base		Tarea		solo fin		Resumen		Tarea inactiva	
Resumen de línea base		División		solo duración		Resumen manual		Hito inactivo	
Tareas críticas		Progreso de tarea		División de la línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
División crítica		Tarea manual		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Progreso del resumen		Hito externo		Línea base	

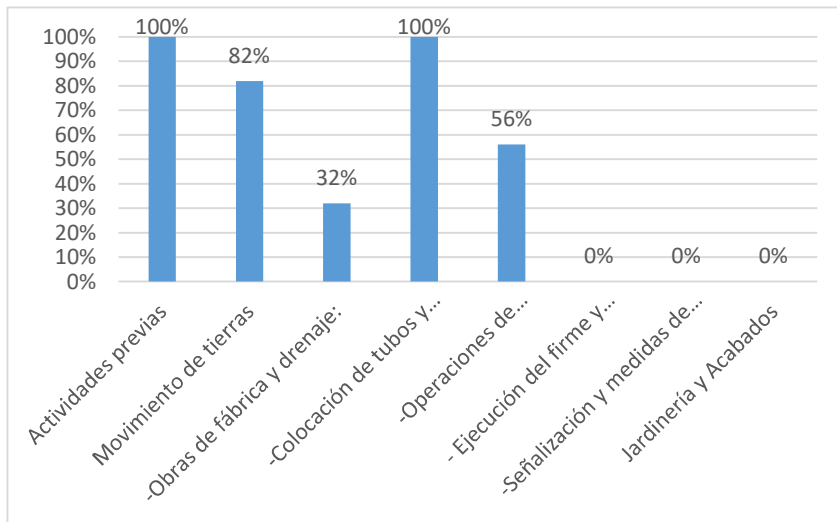
# INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

JUE 11/07/19 - MIÉ 18/03/20

% COMPLETADO

54%

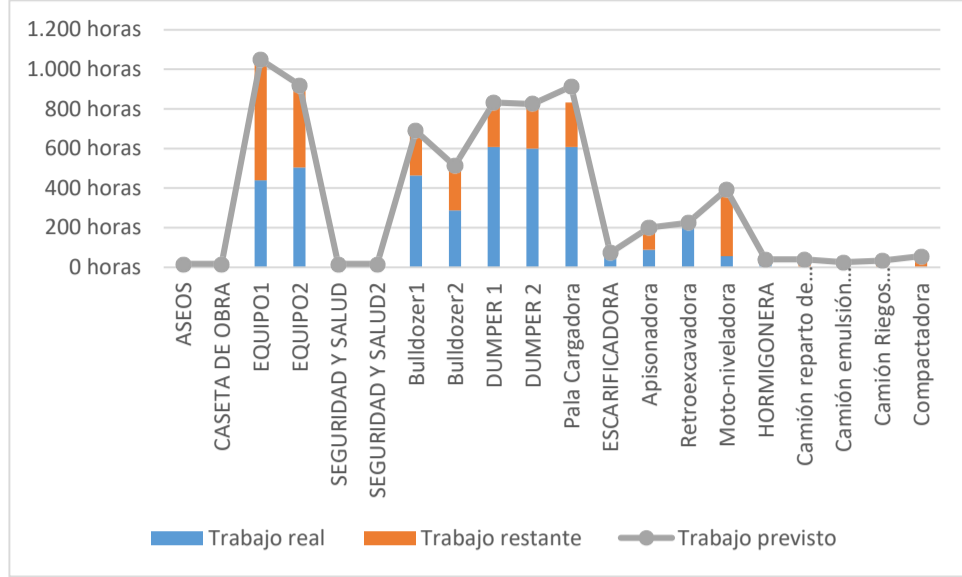
% COMPLETADO



# VISIÓN GENERAL DE LOS RECURSOS

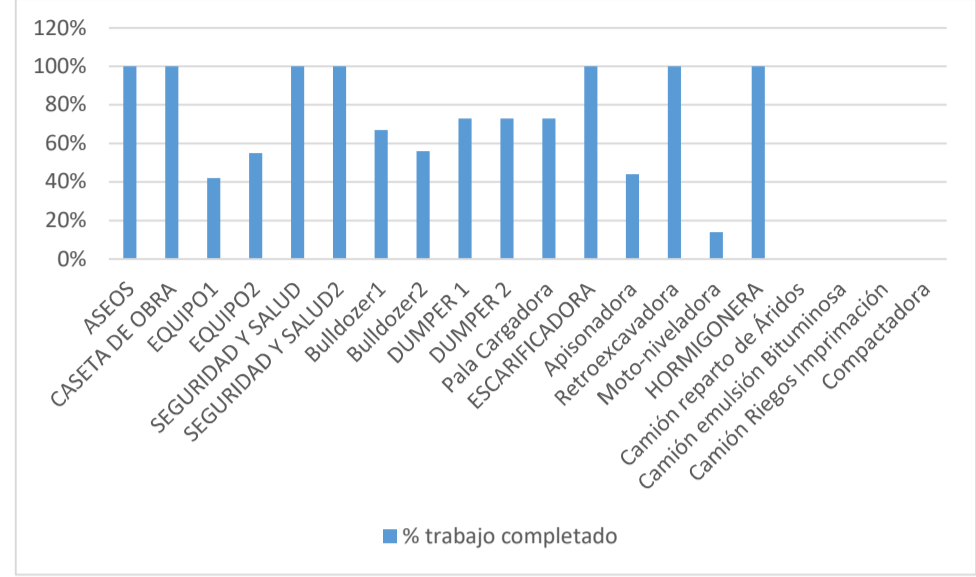
## ESTADÍSTICAS DE RECURSOS

Estado de trabajo de todos los recursos de trabajo.



## ESTADO DEL TRABAJO

% trabajo realizado por todos los recursos de trabajo.

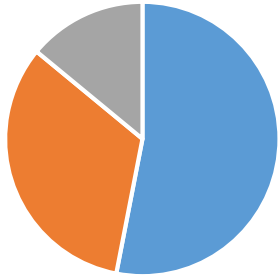


## ESTADO DE LOS RECURSOS

Trabajo restante para todos los recursos de trabajo

Nombre	Comienzo	Fin	Trabajo restante
ASEOS	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
CASETA DE OBRA	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
EQUIPO1	jue 11/07/19	mié 18/03/20	608 horas
EQUIPO2	jue 11/07/19	mié 18/03/20	416 horas
SEGURIDAD Y SALUD	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
SEGURIDAD Y SALUD2	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
Bulldozer1	lun 15/07/19	mié 01/01/20	224 horas
Bulldozer2	lun 15/07/19	mié 01/01/20	224 horas
DUMPER 1	lun 15/07/19	mié 01/01/20	224 horas
DUMPER 2	lun 15/07/19	mié 01/01/20	224 horas
Pala Cargadora	lun 15/07/19	mié 01/01/20	224 horas
ESCARIFICADORA	lun 26/08/19	jue 05/09/19	0 horas
Apisonadora	mar 03/09/19	mar 21/01/20	112 horas
Retroexcavadora	jue 03/10/19	mar 19/11/19	0 horas
Moto-niveladora	jue 14/11/19	mar 21/01/20	336 horas
HORMIGONERA	vie 25/10/19	jue 31/10/19	0 horas
Camión reparto de Áridos	mié 22/01/20	mar 28/01/20	40 horas
Camión emulsión Bituminosa	vie 24/01/20	mar 28/01/20	24 horas
Camión Riegos Imprimación	mié 29/01/20	lun 03/02/20	32 horas
Compactadora	mar 04/02/20	mié 12/02/20	56 horas

# TAREAS CRÍTICAS



- Estado: Completada
- Estado: Según lo programado
- Estado: Tarea futura

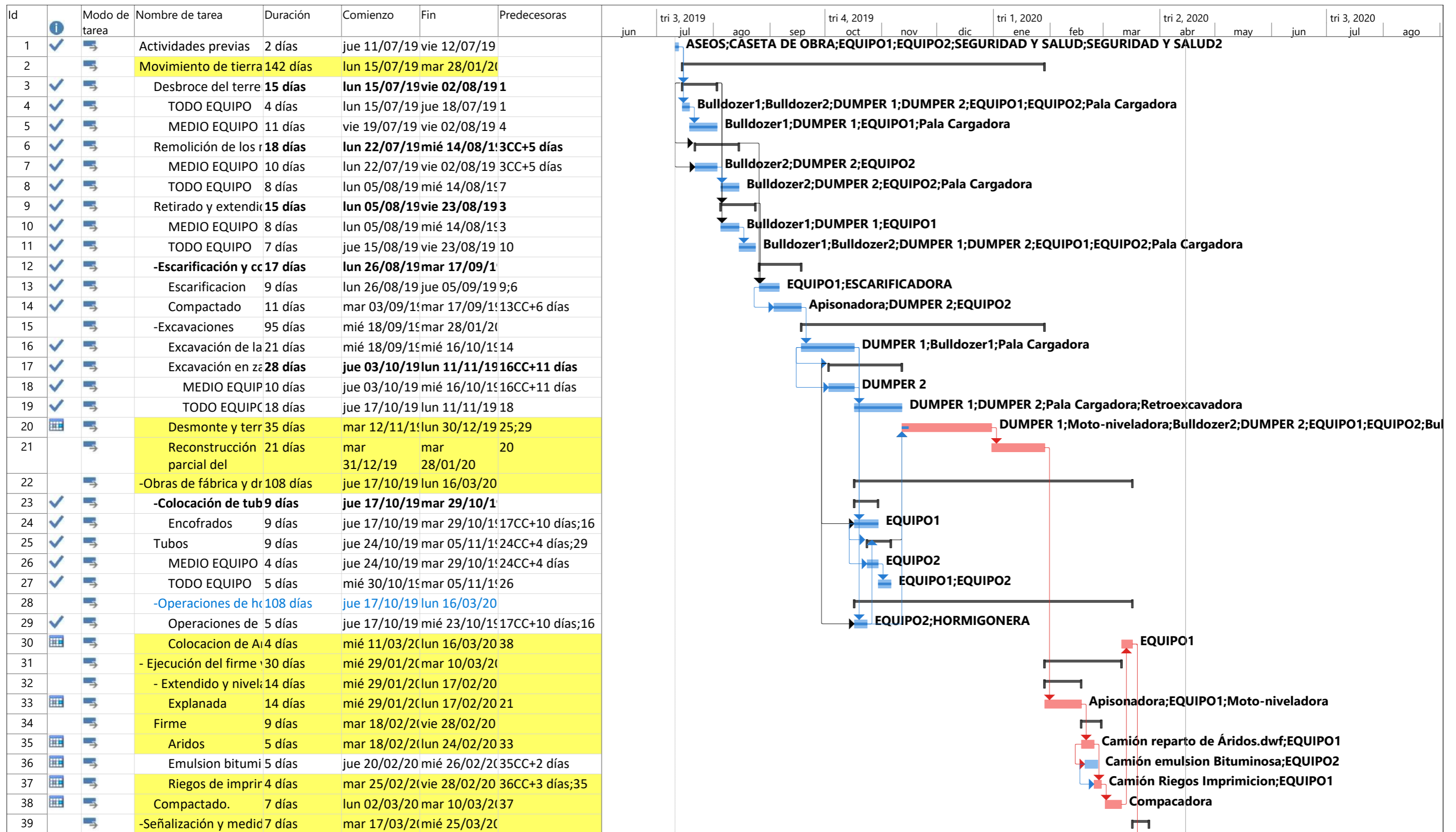
Una tarea es crítica si no hay espacio en la programación para que se retrase.

[Conozca más acerca de cómo administrar la ruta crítica del proyecto.](#)

Nombre	Comienzo	Fin	% completado	Trabajo restante	Nombres de los recursos
Desmante y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista	jue 14/11/19	mié 01/01/20	20%	1.792 horas	DUMPER 1;Moto-niveladora;Bulldozer2;DUMPER 2;EQUIPO1;EQUIPO2;Bulldozer1;Pala Cargadora
Colocación de Arquetas	jue 13/02/20	mar 18/02/20	0%	32 horas	EQUIPO1
Explanada	jue 02/01/20	mar 21/01/20	0%	336 horas	Apisonadora;EQUIPO1;Moto-niveladora
Áridos	mié 22/01/20	mar 28/01/20	0%	80 horas	Camión reparto de Áridos;EQUIPO1
Emulsión bituminosas	vie 24/01/20	mar 28/01/20	0%	48 horas	Camión emulsión Bituminosa;EQUIPO2
Riegos de imprimación y adherencia	mié 29/01/20	lun 03/02/20	0%	64 horas	Camión Riegos Imprimación;EQUIPO1
Compactado.	mar 04/02/20	mié 12/02/20	0%	56 horas	Compactadora
Colocación de señales verticales y barreras de seguridad necesarias (INICIO-FIN)	mié 19/02/20	jue 27/02/20	0%	56 horas	EQUIPO1
Operaciones de pintado del vial.	mié 19/02/20	jue 27/02/20	0%	56 horas	EQUIPO2
Jardinería y Acabados	vie 28/02/20	mié 18/03/20	0%	224 horas	EQUIPO1;EQUIPO2

## CASO CALIDAD

---

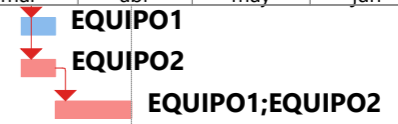


Proyecto: calidad terraplen.mp  
Fecha: vie 27/09/19

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			

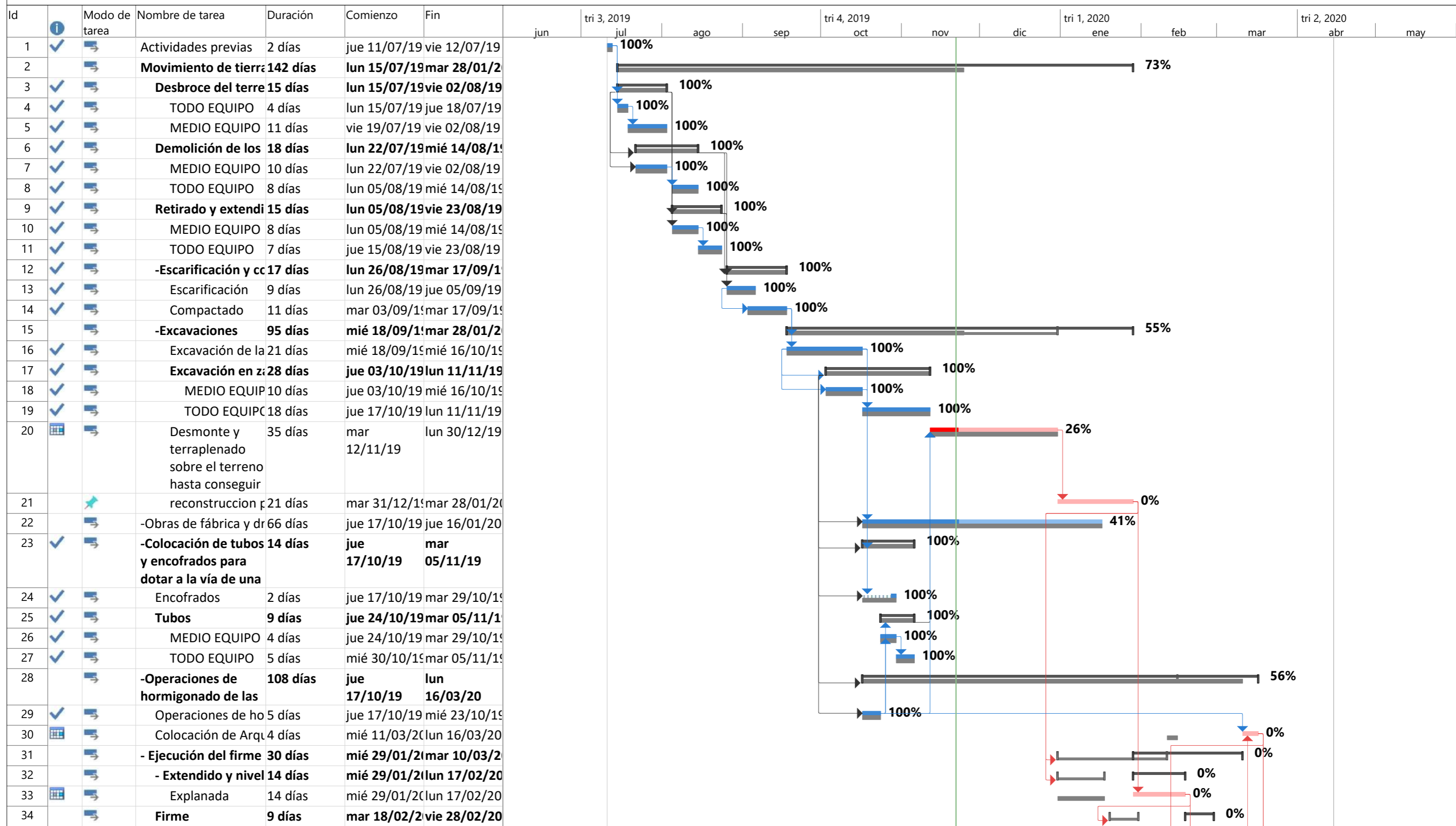


Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Gantt Chart																							
							jun	tri 3, 2019	jul	ago	sep	tri 4, 2019	oct	nov	dic	tri 1, 2020	ene	feb	mar	tri 2, 2020	abr	may	jun	tri 3, 2020	jul	ago				
40		Colocación de seña	7 días	mar 17/03/20	mié 25/03/20	30																								
41		Operaciones de pir	7 días	mar 17/03/20	mié 25/03/20	30																								
42		Jardinería y Acabados	14 días	jue 26/03/20	mar 14/04/20	41																								



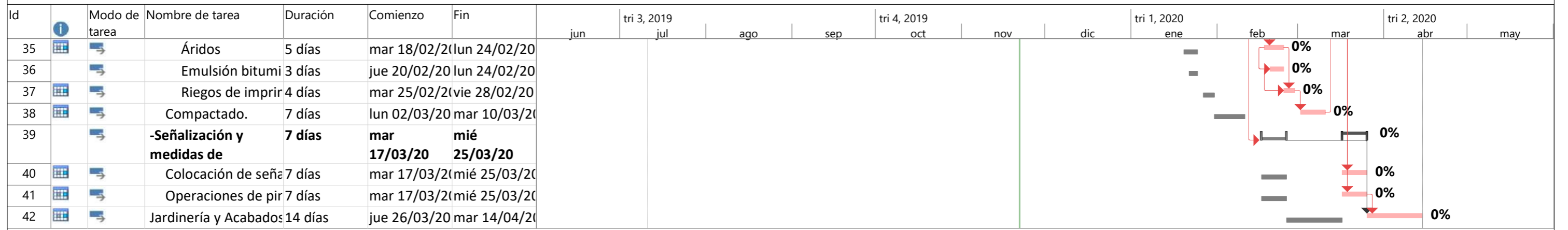
Proyecto: calidad terraplen.mp  
 Fecha: vie 27/09/19

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			



Hito de línea base	◇	Tarea	▬	solo fin	]	Resumen	▬	Tarea inactiva	▬
Resumen de línea base	▬	División	▬	solo duración	▬	Resumen manual	▬	Hito inactivo	◇
Tareas críticas	▬	Progreso de tarea	▬	División de la línea base	▬	Resumen del proyecto	▬	Resumen inactivo	▬
División crítica	▬	Tarea manual	▬	Hito	◆	Tareas externas	▬	Fecha límite	↓
Progreso de tarea crítica	▬	solo el comienzo	▬	Progreso del resumen	▬	Hito externo	▬	Línea base	▬

gantdeseguimientocalidadlineabase.mpp



Hito de línea base	◇	Tarea	▬	solo fin	]	Resumen	▬	Tarea inactiva	▬
Resumen de línea base	▬	División	▬	solo duración	▬	Resumen manual	▬	Hito inactivo	◇
Tareas críticas	▬	Progreso de tarea	▬	División de la línea base	▬	Resumen del proyecto	▬	Resumen inactivo	▬
División crítica	▬	Tarea manual	▬	Hito	◆	Tareas externas	▬	Fecha límite	↓
Progreso de tarea crítica	▬	solo el comienzo	▬	Progreso del resumen	▬	Hito externo	◆	Línea base	▬

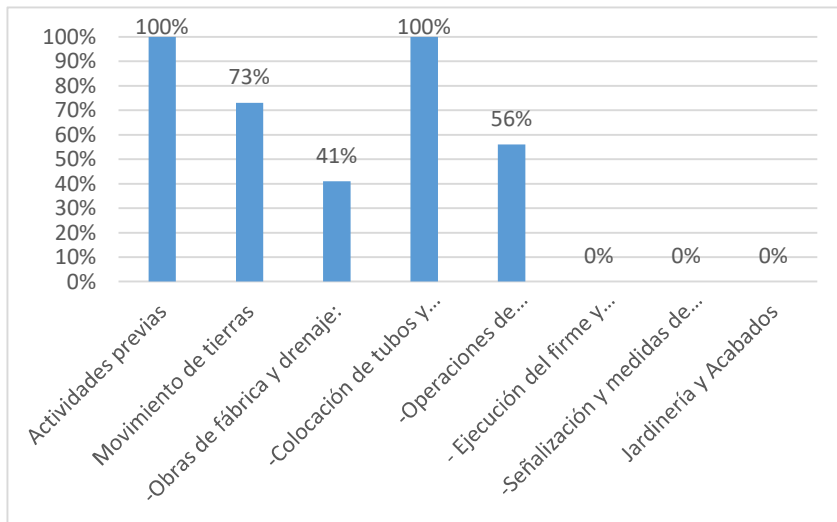
# INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

JUE 11/07/19 - MAR 14/04/20

% COMPLETADO

53%

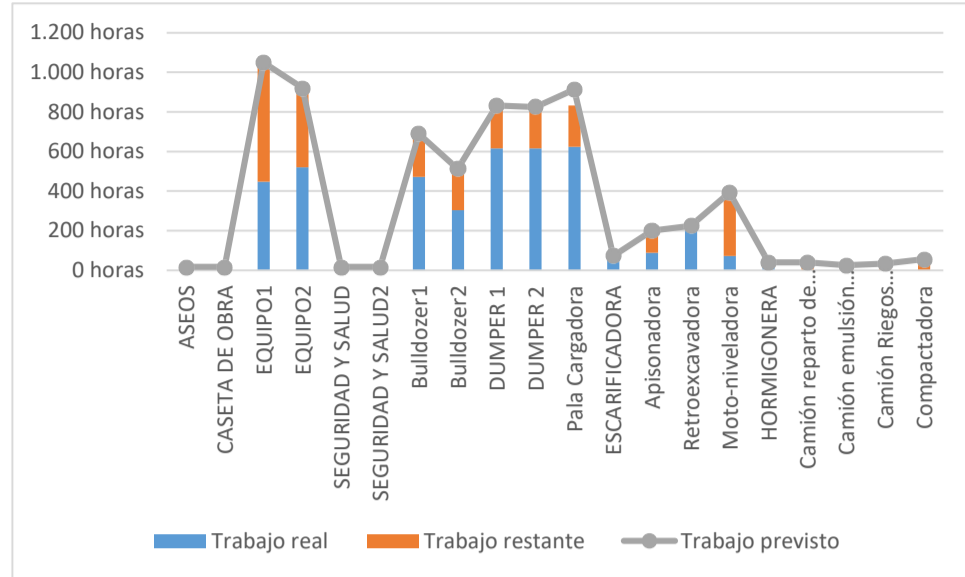
% COMPLETADO



# VISIÓN GENERAL DE LOS RECURSOS

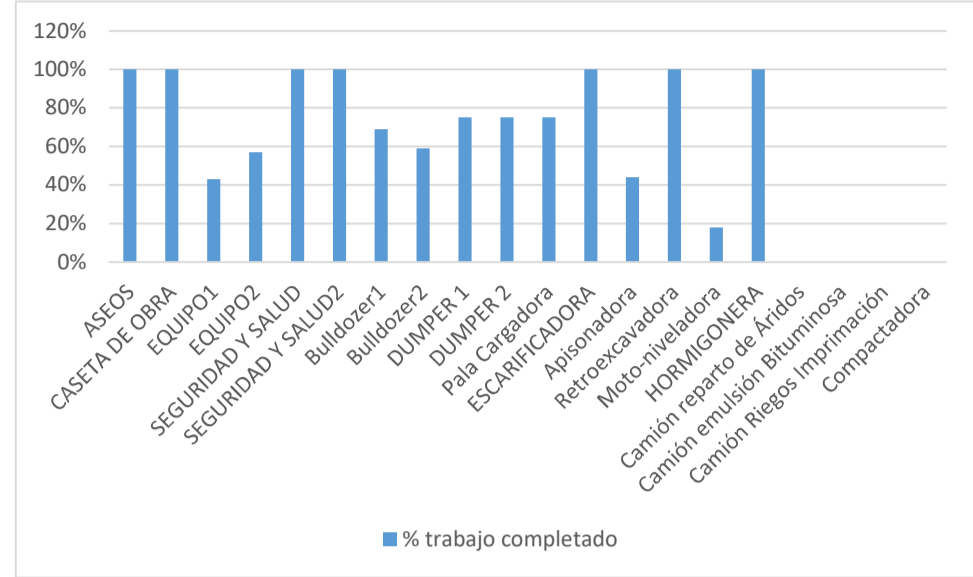
## ESTADÍSTICAS DE RECURSOS

Estado de trabajo de todos los recursos de trabajo.



## ESTADO DEL TRABAJO

% trabajo realizado por todos los recursos de trabajo.

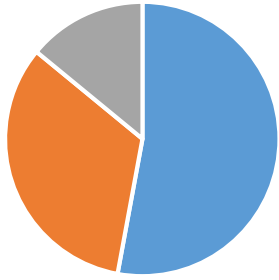


## ESTADO DE LOS RECURSOS

Trabajo restante para todos los recursos de trabajo

Nombre	Comienzo	Fin	Trabajo restante
ASEOS	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
CASETA DE OBRA	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
EQUIPO1	jue 11/07/19	mar 14/04/20	592 horas
EQUIPO2	jue 11/07/19	mar 14/04/20	400 horas
SEGURIDAD Y SALUD	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
SEGURIDAD Y SALUD2	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
Bulldozer1	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
Bulldozer2	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
DUMPER 1	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
DUMPER 2	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
Pala Cargadora	lun 15/07/19	lun 30/12/19	208 horas
ESCARIFICADORA	lun 26/08/19	jue 05/09/19	0 horas
Apisonadora	mar 03/09/19	lun 17/02/20	112 horas
Retroexcavadora	jue 03/10/19	lun 11/11/19	0 horas
Moto-niveladora	mar 12/11/19	lun 17/02/20	320 horas
HORMIGONERA	jue 17/10/19	mié 23/10/19	0 horas
Camión reparto de Áridos	mar 18/02/20	lun 24/02/20	40 horas
Camión emulsión Bituminosa	jue 20/02/20	lun 24/02/20	24 horas
Camión Riegos Imprimación	mar 25/02/20	vie 28/02/20	32 horas
Compactadora	lun 02/03/20	mar 10/03/20	56 horas

# TAREAS CRÍTICAS



- Estado: Completada
- Estado: Según lo programado
- Estado: Tarea futura

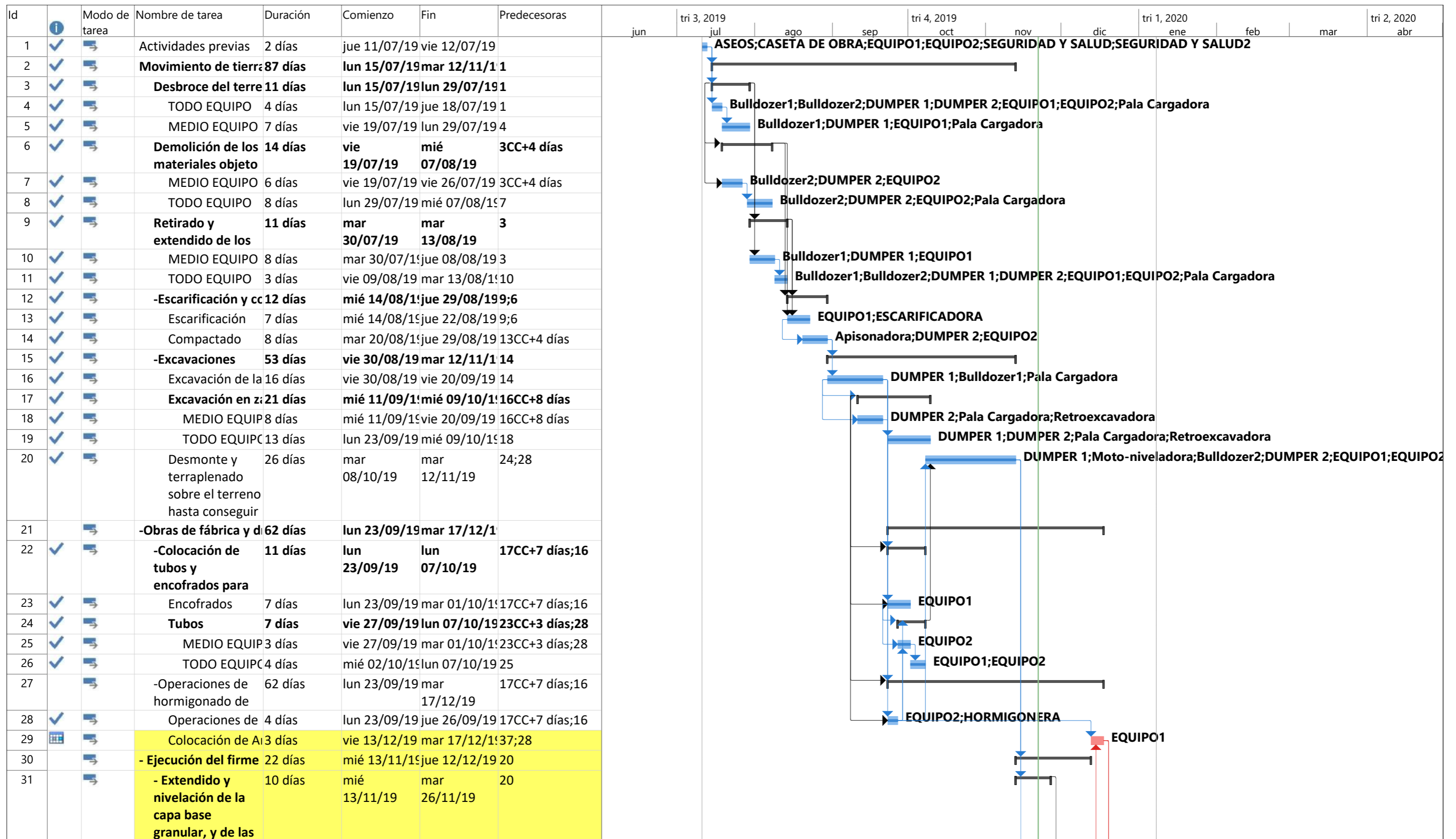
Una tarea es crítica si no hay espacio en la programación para que se retrase.

[Conozca más acerca de cómo administrar la ruta crítica del proyecto.](#)

Nombre	Comienzo	Fin	% completado	Trabajo restante	Nombres de los recursos
Desmote y terraplenado sobre el terreno hasta conseguir las cotas de rasante y trazado prevista	mar 12/11/19	lun 30/12/19	26%	1.664 horas	DUMPER 1;Moto-niveladora;Bulldozer2;DUMPER 2;EQUIPO1;EQUIPO2;Bulldozer1;Pala Cargadora
reconstruccion parcial terraplen	mar 31/12/19	mar 28/01/20	0%	0 horas	
Colocación de Arquetas	mié 11/03/20	lun 16/03/20	0%	32 horas	EQUIPO1
Explanada	mié 29/01/20	lun 17/02/20	0%	336 horas	Apisonadora;EQUIPO1;Moto-niveladora
Áridos	mar 18/02/20	lun 24/02/20	0%	80 horas	Camión reparto de Áridos;EQUIPO1
Emulsión bituminosas	jue 20/02/20	lun 24/02/20	0%	48 horas	Camión emulsión Bituminosa;EQUIPO2
Riegos de imprimación y adherencia	mar 25/02/20	vie 28/02/20	0%	64 horas	Camión Riegos Imprimación;EQUIPO1
Compactado.	lun 02/03/20	mar 10/03/20	0%	56 horas	Compactadora
Colocación de señales verticales y barreras de seguridad necesarias (INICIO-FIN)	mar 17/03/20	mié 25/03/20	0%	56 horas	EQUIPO1
Operaciones de pintado del vial.	mar 17/03/20	mié 25/03/20	0%	56 horas	EQUIPO2
Jardinería y Acabados	jue 26/03/20	mar 14/04/20	0%	224 horas	EQUIPO1;EQUIPO2

CASO PK

---

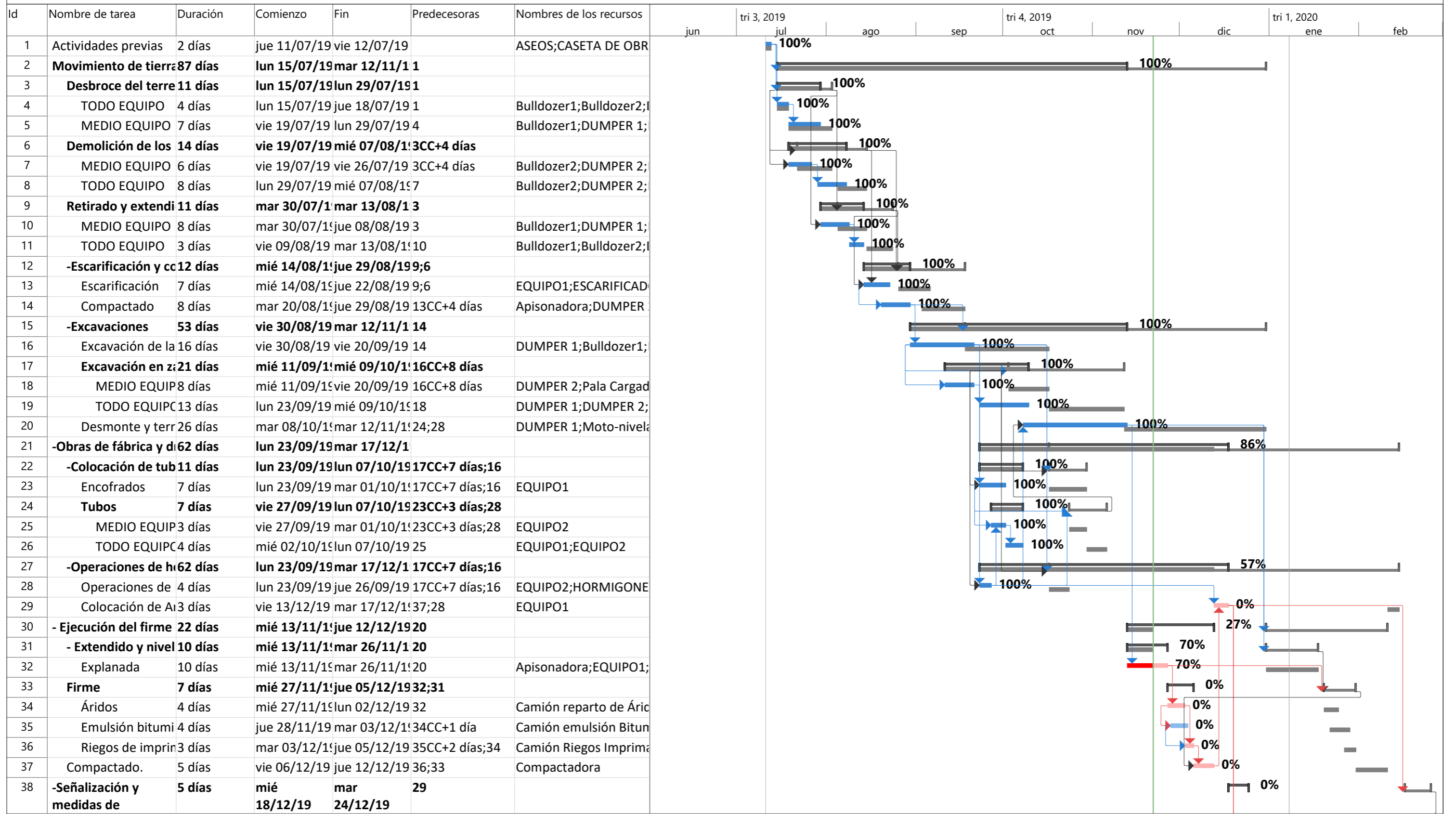


Proyecto: pk linea base.mpp  
Fecha: vie 27/09/19

Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha límite			
Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas críticas			
Resumen		Tarea manual		solo fin		División crítica			
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			







Hito de línea base	◇	Tarea	▬	solo fin	]	Resumen	▬	Tarea inactiva	▬
Resumen de línea base	▬	División	▬	solo duración	▬	Resumen manual	▬	Hito inactivo	◇
Tareas críticas	▬	Progreso de tarea	▬	División de la línea base	▬	Resumen del proyecto	▬	Resumen inactivo	▬
División crítica	▬	Tarea manual	▬	Hito	◆	Tareas externas	▬	Fecha límite	↓
Progreso de tarea crítica	▬	solo el comienzo	▬	Progreso del resumen	▬	Hito externo	◆	Línea base	▬

pk linea base.mpp

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	Gantt Chart											
							jun	tri 3, 2019	jul	ago	sep	tri 4, 2019	oct	nov	dic	tri 1, 2020	ene	feb
39	Colocación de seña	5 días	mié 18/12/19	mar 24/12/19	29	EQUIPO1	[Gantt bar for task 39, 0% progress]											
40	Operaciones de pir	5 días	mié 18/12/19	mar 24/12/19	29	EQUIPO2	[Gantt bar for task 40, 0% progress]											
41	Jardinería y Acabados	10 días	mié 25/12/19	mar 07/01/20	40;38	EQUIPO1;EQUIPO2	[Gantt bar for task 41, 0% progress]											

Hito de línea base		Tarea		solo fin		Resumen		Tarea inactiva	
Resumen de línea base		División		solo duración		Resumen manual		Hito inactivo	
Tareas críticas		Progreso de tarea		División de la línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
División crítica		Tarea manual		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
Progreso de tarea crítica		solo el comienzo		Progreso del resumen		Hito externo		Línea base	

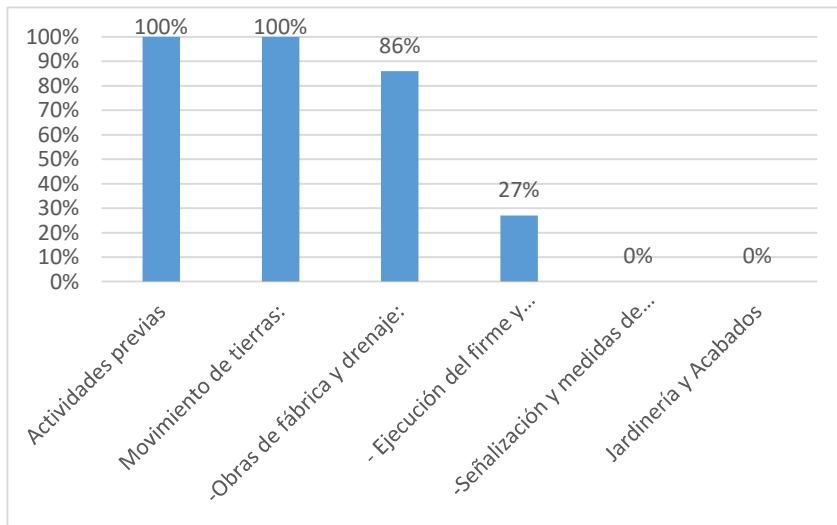
# INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

JUE 11/07/19 - MAR 07/01/20

% COMPLETADO

77%

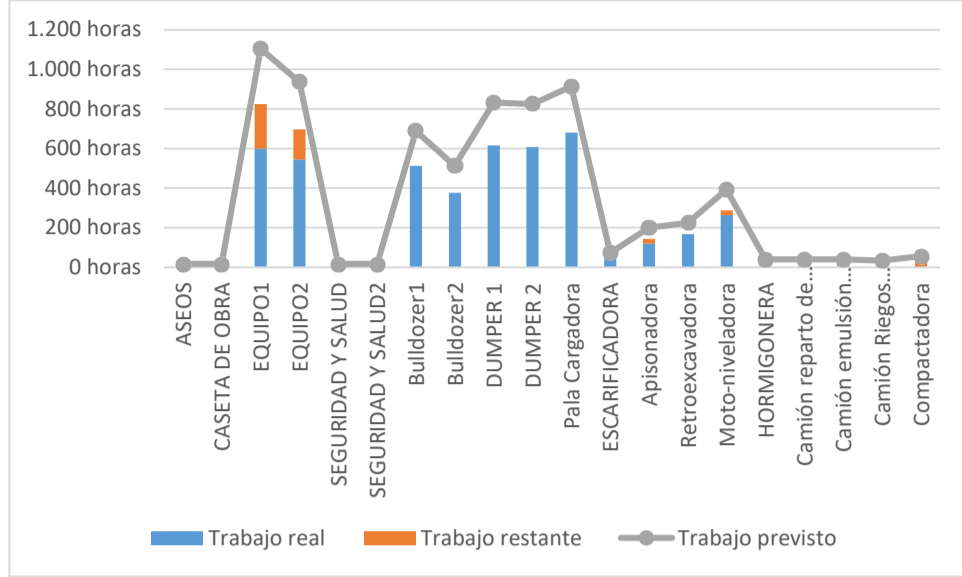
% COMPLETADO



# VISIÓN GENERAL DE LOS RECURSOS

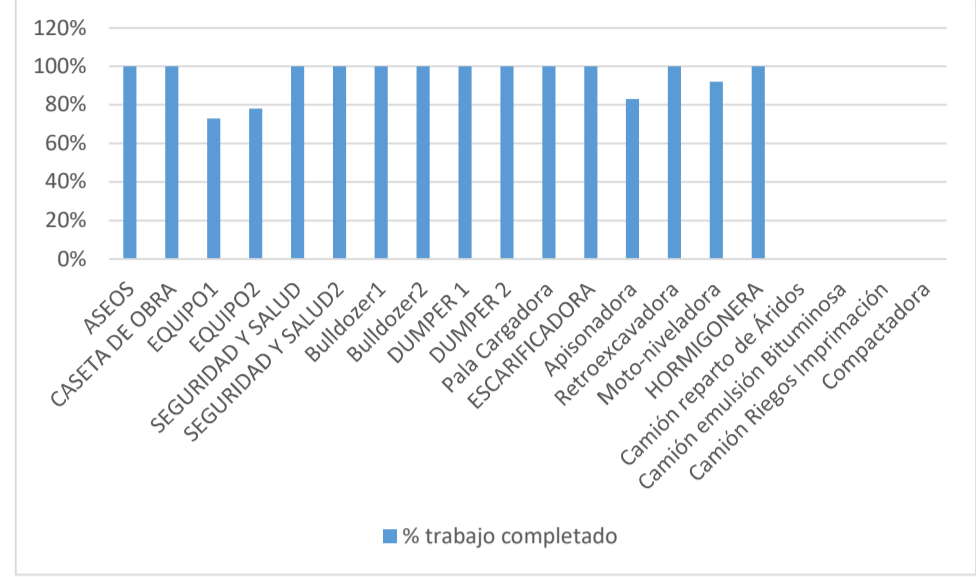
## ESTADÍSTICAS DE RECURSOS

Estado de trabajo de todos los recursos de trabajo.



## ESTADO DEL TRABAJO

% trabajo realizado por todos los recursos de trabajo.

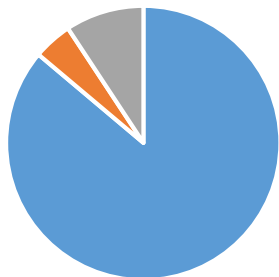


## ESTADO DE LOS RECURSOS

Trabajo restante para todos los recursos de trabajo

Nombre	Comienzo	Fin	Trabajo restante
ASEOS	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
CASETA DE OBRA	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
EQUIPO1	jue 11/07/19	mar 07/01/20	224 horas
EQUIPO2	jue 11/07/19	mar 07/01/20	152 horas
SEGURIDAD Y SALUD	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
SEGURIDAD Y SALUD2	jue 11/07/19	vie 12/07/19	0 horas
Bulldozer1	lun 15/07/19	mar 12/11/19	0 horas
Bulldozer2	lun 15/07/19	mar 12/11/19	0 horas
DUMPER 1	lun 15/07/19	mar 12/11/19	0 horas
DUMPER 2	lun 15/07/19	mar 12/11/19	0 horas
Pala Cargadora	lun 15/07/19	mar 12/11/19	0 horas
ESCARIFICADORA	mié 14/08/19	jue 22/08/19	0 horas
Apisonadora	mar 20/08/19	mar 26/11/19	24 horas
Retroexcavadora	mié 11/09/19	mié 09/10/19	0 horas
Moto-niveladora	mar 08/10/19	mar 26/11/19	24 horas
HORMIGONERA	lun 23/09/19	jue 26/09/19	0 horas
Camión reparto de Áridos	mié 27/11/19	lun 02/12/19	32 horas
Camión emulsión Bituminosa	jue 28/11/19	mar 03/12/19	32 horas
Camión Riegos Imprimación	mar 03/12/19	jue 05/12/19	24 horas
Compactadora	vie 06/12/19	jue 12/12/19	40 horas

# TAREAS CRÍTICAS



- Estado: Completada
- Estado: Según lo programado
- Estado: Tarea futura

Una tarea es crítica si no hay espacio en la programación para que se retrase.

[Conozca más acerca de cómo administrar la ruta crítica del proyecto.](#)

Nombre	Comienzo	Fin	% completado	Trabajo restante	Nombres de los recursos
Colocación de Arquetas	vie 13/12/19	mar 17/12/19	0%	24 horas	EQUIPO1
Explanada	mié 13/11/19	mar 26/11/19	70%	72 horas	Apisonadora;EQUIPO1;Moto-niveladora
Áridos	mié 27/11/19	lun 02/12/19	0%	64 horas	Camión reparto de Áridos;EQUIPO1
Riegos de imprimación y adherencia	mar 03/12/19	jue 05/12/19	0%	48 horas	Camión Riegos Imprimación;EQUIPO1
Compactado.	vie 06/12/19	jue 12/12/19	0%	40 horas	Compactadora
Colocación de señales verticales y barreras de seguridad necesarias (INICIO-FIN)	mié 18/12/19	mar 24/12/19	0%	40 horas	EQUIPO1
Operaciones de pintado del vial.	mié 18/12/19	mar 24/12/19	0%	40 horas	EQUIPO2
Jardinería y Acabados	mié 25/12/19	mar 07/01/20	0%	160 horas	EQUIPO1;EQUIPO2