

# EL USO DE TILOS EN EL PLANEAMIENTO Y CONTROL DE PROYECTOS DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

POR LORNE DUNCAN, CEO DE PETROGLYPH PROJECT ANALYTICS

## INTRODUCCIÓN

La construcción de líneas de conducción es un gran desafío. Los inconvenientes que deben enfrentar los equipos de trabajo debido al clima, los cruces, que en algunos requieren perforación horizontal, tendido inverso y problemas para acceder al Derecho de Paso son solo algunos de ellos. Todo proyecto de construcción lineal busca desarrollar un plan que maximice la productividad y reduzca el tiempo de obra. Un factor muy importante a tener en cuenta en los proyectos lineales es la continua movilización de los equipos de trabajo a lo largo de la línea. La velocidad de avance de cada cuadrilla es fundamental y se debe evaluar para asegurarse de que haya un espacio adecuado entre las actividades de cada grupo a los efectos de optimizar el tiempo de construcción y reducir los costos. Para alcanzar este objetivo se deben evaluar las condiciones del terreno, el acceso a la línea, los cruces y la productividad de cada equipo. TILOS tiene la capacidad de desplegar todos estos factores en gráficas de fácil comprensión de modo que todos los participantes del proyecto puedan visualizar y comprender la optimización del plan.

El principal componente del software de planeamiento lineal es la generación de diagramas de Tiempo-Distancia que, como su nombre lo indica, representan el proyecto en dos dimensiones: tiempo y distancia. El uso de este tipo de gráficas se ha extendido ampliamente en el planeamiento y ejecución de proyectos lineales. Es también frecuente el

uso de TILOS por empresas y contratistas para analizar y presentar reclamos. En este libro blanco vamos a explorar la metodología de planeamiento lineal usando TILOS como la herramienta de preferencia y demostraremos que cualquier planificador está en condiciones de desarrollar un plan en forma visual y comunicarlo efectivamente junto con el avance de obra durante la ejecución del proyecto.

Cronograma de obra práctico y eficaz  
 Tradicionalmente los planes de obra para proyectos de líneas de conducción se desarrollan en Primavera, MS Project y Power Project. Estos programas usan el Método del Camino Crítico (CPM, por sus siglas en inglés) y resultan familiares para cualquiera que haya planeado o llevado a cabo un proyecto. El planificador crea una serie de actividades que representan las tareas a desarrollar durante el proyecto y conecta dichas actividades entre sí siguiendo la lógica de ejecución del plan. A cada actividad se le asignan los recursos que habrá de utilizar y se despliegan en gráficas con relativa facilidad. A los efectos de organizar la secuencia de los equipos de trabajo en un proyecto de tipo lineal, el planificador debe asegurarse que cada actividad se encuentre conectada con su sucesor usando relaciones tipo Inicio-Inicio o Final-Final. En la Figura 1 se aprecia una gráfica del tipo Gantt para un proyecto de líneas de conducción.

## FIGURA 1 - GRÁFICA GANTT TRADICIONAL

En una gráfica tradicional del tipo Gantt se ven claramente las fechas



de inicio y fin de una actividad y el progreso de esta, indicado como el porcentaje del trabajo ejecutado. Tomemos por ejemplo un proyecto lineal donde una cuadrilla ha completado su tarea en un 45%. La forma tradicional de reportar esta situación en el formato CPM no resulta de mucha utilidad ya que las herramientas tradicionales de planeamiento asumen que el avance se da de forma secuencial, sin interrupciones, desde el comienzo hasta el final sin relacionar el avance con la geografía del Derecho de Paso. La habilidad de incluir el desplazamiento de los equipos de trabajo, permitiendo atrasos, restricciones medioambientales y otras circunstancias propias de la construcción, no es una tarea simple si nuestro objetivo es mostrarlo usando cronogramas CPM.

En el modelo de gráficas de Tiempo-Distancia las cuadrillas se ven como una serie de líneas en movimiento a lo largo del trazado de la línea. Del mismo modo que en el método CPM cada cuadrilla está conectado con su sucesor en una relación Inicio-Inicio o Final-Final de acuerdo a la lógica del plan. Las secciones que se com-

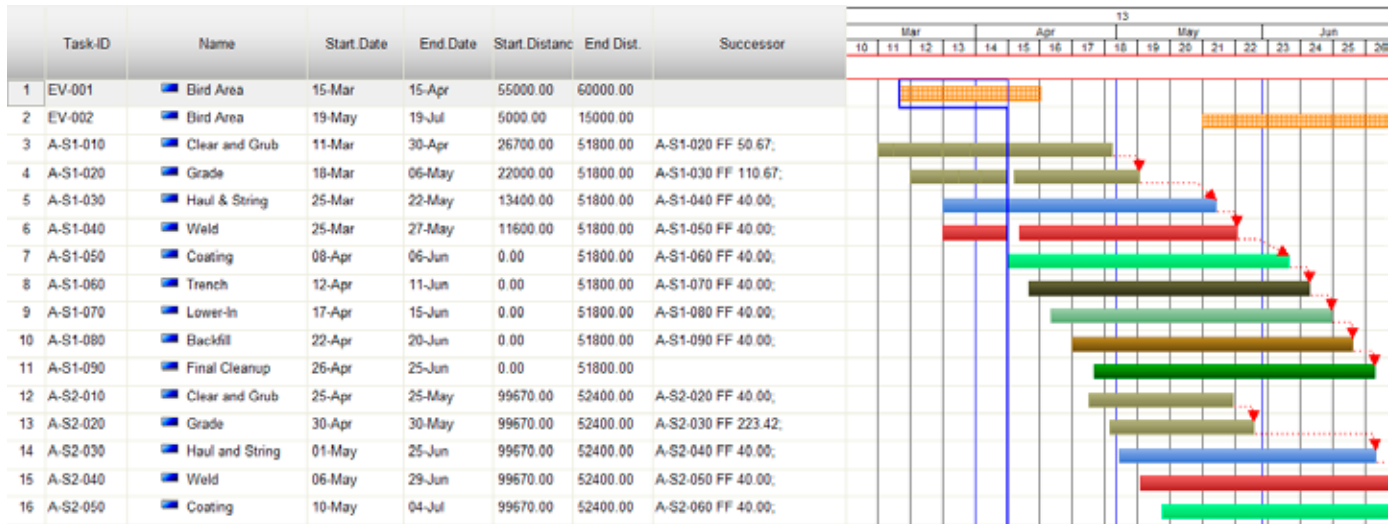


FIGURA 1 - GRÁFICA GANTT TRADICIONAL

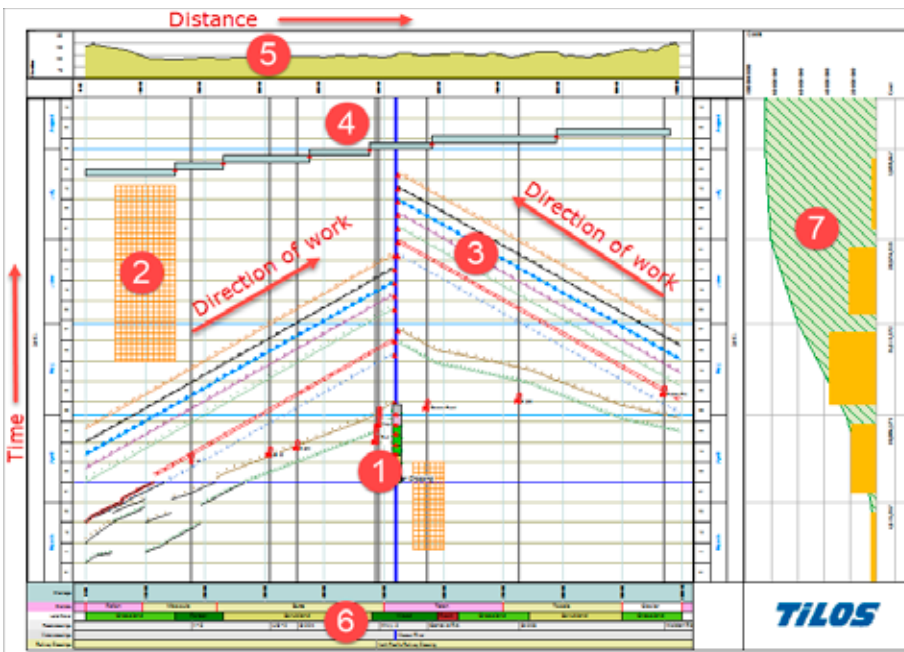


FIGURA 2 - EJEMPLO DEL CRONOGRAMA DE UN PROYECTO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN

pletaron se ven con claridad en la gráfica Tiempo-Distancia, así como el desplazamiento de los grupos, los cruces, los sectores afectados por condiciones ambientales y las interferencias entre grupos. Usando el ejemplo anterior, la gráfica Tiempo-Distancia permitirá ver con claridad qué grupo ha completado el 45% de su trabajo, en qué sector y la forma en que cualquier desplazamiento o inconveniente, como por ejemplo el acceso a la línea, ha impactado en el avance del proyecto.

La figura 2 muestra un proyecto de líneas de conducción donde se aprecian las principales funciones disponibles para el usuario. Todo inte-

grante del proyecto, aún sin importar sus conocimientos en planeamiento, puede ver los problemas de construcción en forma gráfica y cómo estos afectan la ejecución del proyecto.

Para comenzar vemos un importante cruce de río ubicada en el centro de la gráfica ( ). El trabajo se dio comienzo en los dos extremos de la traza en dirección al río por razones de acceso a la línea y el cruce, tal como lo señalan las flechas. Los rectángulos de color naranja ( ) representan restricciones ambientales y podemos ver que ninguno de los trabajos programados atraviesa las áreas restringidas. Los principales equipos de trabajo están representados por las líneas ( ) que se

observan a ambos lados del cruce del río. La metodología de planeamiento lineal contribuye a presentar un cronograma de tareas más simple ya que cada cuadrilla puede ser representada por distintos segmentos debido a los trabajos discontinuos, al tendido inverso o dificultades de acceso a la línea y aun así ser considerado una sola actividad. Con el método tradicional CPM cada segmento debería ser representado por una actividad diferente, lo cual aumentaría exponencialmente el número de tareas del cronograma.

FIGURA 2 - EJEMPLO DEL CRONOGRAMA DE UN PROYECTO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Otra de las características de la vista es que incluye el plan de prueba hidráulica, representado por rectángulos verde-gris ( ) y la elevación del Derecho de Paso que se importó de LIDAR Data usando una hoja de cálculo Excel provista por la empresa de relevamiento topográfico ( ). Cruces con otros ductos, perforaciones subterráneas y otros cruces (generalmente aquellos que no requieren Perforación Dirigida Horizontal) se agregan a la escala de distancia ( ) como punto de referencia, pero no incluida directamente en la planilla tiempo-distancia.

Si a las actividades se les asignan recursos y costos, es mucho más simple desarrollar una gráfica de gastos ( ),

una curva de utilización de mano de obra (para calcular la logística del campamento) u otras curvas e histogramas que dependan del tiempo.

En las gráficas tiempo-distancia la inclinación de la actividad indica la productividad del equipo de trabajo. Cuanto mayor es el ángulo de inclinación, más lento es el avance del grupo (el grupo gasta más tiempo y avanza poca distancia). Los periodos no laborables como días feriados y paros de obra aparecen como segmentos verticales en la línea del grupo. Una línea vertical indica que sigue pasando el tiempo, pero la cuadrilla no se mueve. Las tasas de productividad son calculadas por TILOSTM automáticamente basadas en la duración y distancia de cada tarea.

**DESAFÍOS DE LA CONSTRUCCIÓN**

Cuando se tiene una comprensión básica de los elementos de las cartas de marcha, estas se pueden mejorar agregando otros elementos que pueden ser críticos para su proyecto. Estos pueden ser el perfil del Derecho de Paso, cruces, restricciones ambientales y adquisiciones de superficie. Otros elementos como el tipo de vegetación, el tipo de suelo y el perfil de lluvias se pueden incluir en una carta de marcha. El tipo y cantidad de información desplegada en una carta de marcha será decisión del jefe de proyecto y su equipo.

**RESTRICCIONES AMBIENTALES**

Durante determinados períodos la construcción puede verse afectada por inconvenientes para llegar hasta la línea. Esta situación podría presentarse como consecuencia de la presencia de vida silvestre, plantas raras, problemas con los permisos o atrasos en la recepción del Derecho de Paso. Los periodos de acceso restringido se visualizan fácilmente en las cartas de marcha por rectángulos como se muestra en la Figura 3 (debajo). Una vez que el impacto que produce una restricción ha sido evaluado, podría ser necesario modificar el plan para evitar el paso por áreas restringidas. Esto se puede solucionar separando las cuadrillas de modo que el sector

que se ve afectado por áreas restringidas podrá completarse más tarde, una vez que finalice el periodo restringido. En la Figura 3 también se pueden ver el desplazamiento de dos equipos de trabajo, uno está a cargo de la nivelación de la traza y el otro de la descarga y alineación de tubería. El desplazamiento se produce al evitar el área restringida. En este ejemplo, ambos equipos saltan el área restringida (atraso de 1 día por desplazamiento) y continúan al final del Derecho de Paso a 30+000. Una vez que se completa este trabajo y se ha levantado la restricción ambiental, ambos grupos regresan al área restringida y completan esta sección a modo de tendido inverso. Las líneas de trazo rojas indican las relaciones lógicas que conectan cada segmento de cada grupo.

**Cruces y Locaciones de Acopio**

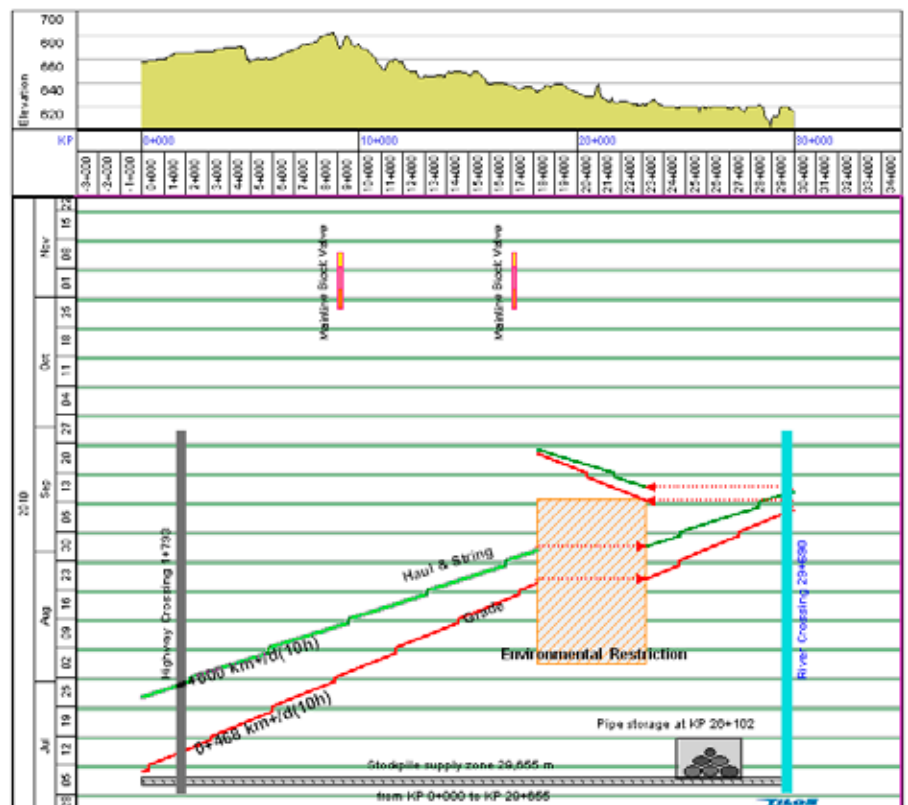
Una vez que las restricciones ambientales o de adquisiciones han sido establecidas en la carta de marcha, el próximo paso es identificar los cruces. Los distintos tipos de cruces

pueden incluir el tendido existente de otros servicios, caminos, vías de ferrocarril o agua y todas son características importantes para exhibir en la carta de marcha. Los cruces de agua generalmente requieren un corte abierto (si es que está permitido por las directivas ambientales) o se deberá usar el método de Perforación Horizontal Dirigida. En la mayoría de los cruces de caminos y vías férreas se utiliza algún tipo de método de perforación, mientras que en los cruces con otros servicios existentes se utiliza el método de agua a presión para dejar expuestas las líneas de dichos servicios. Se puede usar un código de color para identificar fácilmente cada tipo de cruce en el diagrama tiempo-distancia. En resumen, cualquier información relevante puede ser incluida en la carta de marcha.

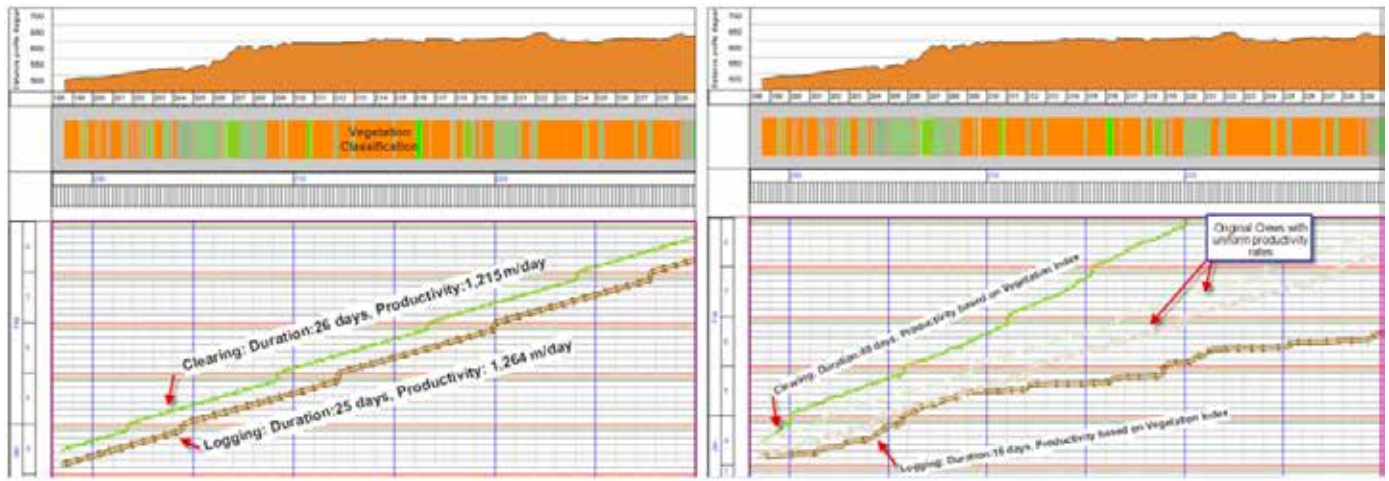
La Figura 4 muestra una autopista (en PK 1+793) en color gris y un río en color azul (PK 29+690) en la carta de marcha.

**FIGURA 3 - CAMINO, CRUCE DE RÍO Y LOCACIONES DE ACOPIO**

Es interesante notar que las tareas no



**FIGURA 3 - CAMINO, CRUCE DE RÍO Y LOCACIONES DE ACOPIO**



**FIGURA 4 - PRODUCTIVIDAD DE TALA Y DESMONTE, CONSTANTE A LA IZQUIERDA Y OPTIMIZADA CON EL ÍNDICE DE VEGETACIÓN A LA DERECHA**

lineales, como por ejemplo la instalación de válvulas de bloqueo, también es posible incorporarlas a las cartas de marcha como elementos de construcción, aunque no dependan de la distancia debido al desplazamiento que sí afectan otro tipo de actividades. Las dos válvulas que se ven en la Figura 3 están representadas por una serie de rectángulos indicando diferentes etapas de instalación, desde civil a mecánica, instrumentación y telemetría. Otros elementos no lineales que se pueden incorporar a la carta de marcha son el envío y recepción de materiales y el detalle de actividades relacionadas con la PHD. En este sentido, una carta de marcha es capaz de representar componentes lineales y no lineales, desplegando una vista completa de todo el proyecto.

### OTRAS CARACTERÍSTICAS: PERFILES DE COSTOS E HISTOGRAMAS DE RECURSOS

Los perfiles de costos y los histogramas de recursos son fáciles de crear una vez que los costos fueron incorporados a la mano de obra, al equipamiento y a los materiales. Los perfiles de costos son una función de tiempo y por lo tanto se pueden ver en forma paralela al eje de tiempo en la carta de marcha. También es posible crear un perfil de costos paralelo al eje de distancia de modo que se puede ver el costo por sección de la línea. Todo cambio a la carta de marcha, como por ejemplo el desplazamiento de las

cuadrillas, se refleja automáticamente en el perfil de costos.

Aplicación de perfiles de trabajo y velocidad de avance a las cuadrillas

Es común ver que los presupuestos y planes de obra asumen una productividad constante y por ende el trabajo es también constante para cada cuadrilla a lo largo del trazado. Luego se aplica esta productividad a toda la línea para determinar la duración de cada cuadrilla. En realidad, la productividad debe ser calculada teniendo en cuenta las variaciones en el perfil, el suelo, el terreno y los distintos tipos de vegetación. El siguiente ejemplo que se muestra en la Figura 4 ilustra la diferencia cuando se utiliza un sistema de clasificación de la vegetación para calcular la productividad de los grupos de tala y desmonte en el sector norte de la línea. En este ejemplo la información de la vegetación y la productividad para ambos grupos se importó directamente a la carta de marcha desde un archivo Excel provisto por la empresa de relevamiento.

En la Figura 4, se puede ver a la izquierda que ambos grupos tiene una productividad similar con duraciones de 25 y 26 días respectivamente para la tala y desmonte.

El índice de vegetación en este ejemplo, define la cantidad de trabajo (área) y la tasa de trabajo para cada tipo de vegetación a lo largo del Derecho de Paso. Una vez que se dispone de la información en una hoja de cálculo, es muy

fácil aplicar el índice a cada grupo de trabajo. Lo primero que se observa es que los grupos no avanzan a la misma velocidad a lo largo de la línea.

### FIGURA 4 - PRODUCTIVIDAD DE TALA Y DESMONTE, CONSTANTE A LA IZQUIERDA Y OPTIMIZADA CON EL ÍNDICE DE VEGETACIÓN A LA DERECHA

Cada línea que pertenece a los equipos de trabajo refleja una productividad diferente cada vez que cambia el tipo de vegetación. El grupo de tala disminuyó la duración de su trabajo de 25 días a 16, mientras que la duración del grupo de desmonte aumentó de 26 a 40 días!

Cartas de marcha de avance de obra  
Para determinar el progreso o avance de obra en una carta de marcha se requiere de la posición inicial, el punto final y el tiempo utilizado en cada periodo según se extrae de los informes de campo del inspector de obra. La excepción al uso de metros lineales para atestar el avance de obra, por ejemplo, es el recuento del número de soladuras o el número de elementos individuales como por ejemplo las bolsas de peso que se colocan sobre la tubería.

### FIGURA 5 - AVANCE DE OBRA DE LAS CUADRILLAS EN LAS CARTAS DE MARCHA

La Figura 5 muestra el progreso o avance de obra de las dos cuadrillas de limpieza. Determinar el progreso es tan simple como seleccionar una cuadrilla cualquier en la gráfica

usando el botón derecho del ratón y actualizar el progreso en el menú. Ingrese las fechas de inicio y finalización para el periodo que está actualizando y los puntos geográficos de comienzo y finalización. TILOSTM calcula el porcentaje físico de avance basado en la cantidad instalada o completada. En este ejemplo, el ítem 1 ( ) muestra las secciones en las que el avance fue actualizado marcado con el símbolo de verificación ( ). TILOS registra la fecha de inicio, la fecha final, la ubicación, así como las cantidades instaladas por cada periodo reportado. Esta información es utilizada luego para calcular una tasa de producción ponderada y predecir una fecha de terminación más confiable que si usáramos solamente un valor de productividad constante para toda la línea. El ítem 2 ( ) muestra los segmentos con progreso reportado de la actividad de tala y desmonte. Es fácil observar que esta actividad se

ha desarrollado fuera de secuencia, involucró 2 o más cuadrillas y la productividad en algunas áreas fueron menores que en otras, en otras palabras, la velocidad de avance fue más lenta, según se infiere por la mayor inclinación de las líneas. Finalmente, el ítem 3 ( ) indica que hemos completado el 43.75% del total de las tareas de limpieza, que en este ejemplo representa 97.023 ft instalado.

### CONCLUSIÓN

Este libro blanco describe los elementos clave de una carta de marcha que incluye cruces, instalación de válvulas, restricciones ambientales y perfiles de costos. La capacidad de representar actividades no lineales en una carta de marcha hace que esta sea una solución muy poderosa permitiendo que veamos el proyecto en su totalidad en un diagrama de tiempo-distancia. No debemos dejar de mencionar que TILOS también

genera una gráfica de barras Gantt tradicional del tipo CPM que puede ser usada para determinados tipos de reportes y comunicación corporativa. Asimismo, hemos demostrado la capacidad de aplicar velocidad y perfiles climáticos para conectar con tasas de productividad de una actividad y de esta forma poder estimar una duración más realista del proyecto basada en las condiciones particulares del trazado de la línea o Derecho de Paso. En TILOS es inherente la capacidad de registrar el progreso con abundante información y detalle permitiendo, por ejemplo, ver fácilmente las actividades que están fuera de secuencia y la participación de múltiples cuadrillas, característica única de las cartas de marcha ya que estas no están disponibles en el método tradicional CPM. Esta capacidad de información del proyecto resulta de mucha ayuda al momento de sustanciar reclamos del contrato de obra.