

SiteVision GPS

Control de pendiente en  
maquinaria para movimientos  
de tierra

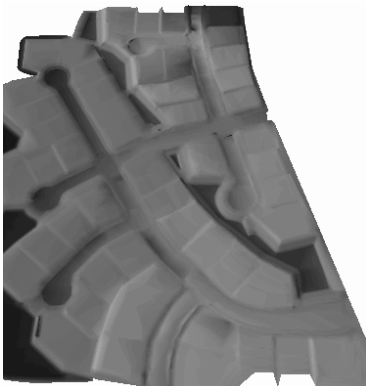
**Trimble**

# Control de pendiente en maquinaria para movimientos de tierra

Tras revolucionar las industrias de la topografía, la minería, y la agricultura, el Sistema de Posicionamiento Global proporciona ahora al operador de maquinaria de construcción herramientas para el control de pendiente.

## Introducción

SiteVision™ GPS es una herramienta de control de pendiente para maquinaria especialmente diseñada para equipos de movimiento de tierra en la industria de la construcción. Basado en el Sistema de Posicionamiento Global, este nuevo producto de Trimble, el líder mundial en GPS, proporciona a los operadores de bulldozers y apisonadoras una guía de hojas horizontal y vertical y una precisión que supera los 2–3 centímetros (1/10° de pie).



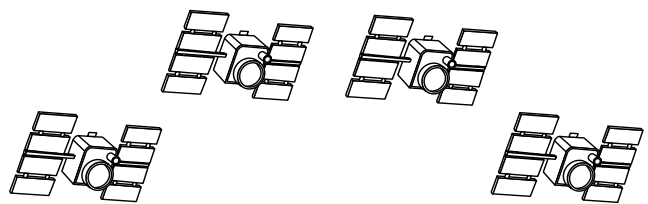
La idea sobre la que esta tecnología de construcción está basada es en realidad muy sencilla. Las computadoras y software de diseño pueden generar un modelo tridimensional preciso del diseño de un proyecto. En el pasado, este modelo permanecía en la oficina con el ingeniero, que proporcionaba información al topógrafo, quien a su vez ponía estacas en el terreno con el fin de guiar a los controladores de pendiente y a los operadores. Hoy en día, sin embargo, el modelo de diseño se puede llevar al campo. Añadiendo GPS, se puede determinar de forma muy precisa el lugar donde se encuentra una máquina, tanto horizontal como verticalmente, en el

diseño del proyecto. De esta forma se pueden calcular directamente en la propia máquina los cortes o rellenos.

Este documento proporciona una visión de conjunto sobre SiteVision GPS para bulldozers. Se inicia con un comentario general sobre el Sistema de Posicionamiento Global, para continuar con una descripción de los componentes de SiteVision GPS y la forma en que interactúan. También se trata sobre el archivo de diseño del sitio de la obra, que constituye un elemento clave para el éxito de un proyecto. Se concluye con una descripción paso a paso de un proyecto típico.

## ¿Qué es el GPS y cómo se utiliza?

El Sistema de Posicionamiento Global, o GPS, es un sistema de satélites que orbitan la Tierra dos veces al día a gran altitud (aproximadamente 19.200 kilómetros sobre la superficie del planeta). Este sistema fue diseñado por el gobierno estadounidense, y proporciona posiciones y horas precisas en cualquier lugar de la Tierra, las 24 horas del día sin ningún cargo para los usuarios.



Como un sistema de radio de sólo emisión, el GPS puede soportar un número ilimitado de usuarios. Las frecuencias de emisión atraviesan nubes, lluvia y nieve, y el GPS puede guiar con exactitud operaciones que se realicen en condiciones de niebla, polvo, e incluso operaciones nocturnas.

En función de los receptores y métodos de campo utilizados, el GPS produce varios niveles diferentes de precisión y exactitud. En tiempo real, están disponibles cuatro niveles básicos de precisión GPS:

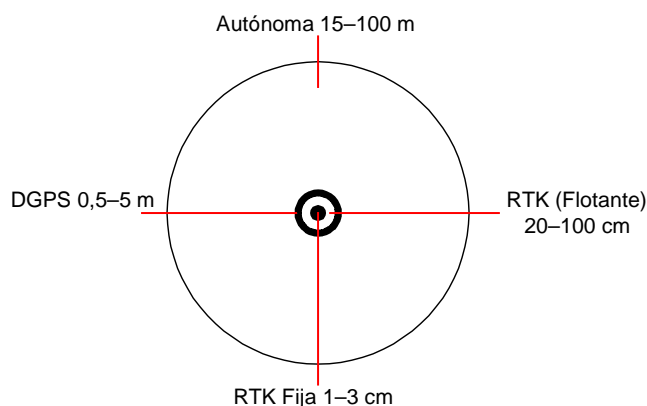
- Autónoma 15–100 m (50–300 pies)
- DGPS 0,5–5 m (1,6–16 ps)
- RTK (Flotante) 20–100 cm (0,6 ps)
- RTK (Fija) 1–3 cm (0,03 ps)<sup>1</sup>

El método utilizado para el control de pendiente en maquinaria de construcción es el mismo que el empleado por los topógrafos para el replanteo en construcción. Se llama RTK, o GPS cinemático en tiempo real.

A continuación se va a explicar en qué consiste la técnica RTK, tras lo cual se describirá la instalación específica de la maquinaria.

#### GPS Cinemático en Tiempo Real (RTK)

Para generar posiciones GPS inferiores a los 2–3 centímetros (una décima de pie), se requieren dos receptores GPS. Uno se conoce como estación de referencia GPS, y está fijo en una ubicación. El segundo se conoce como móvil, y puede estar estacionario o móvil. La estación de referencia se comunica con el móvil utilizando un enlace para datos sin cable mediante un módem de radio.



<sup>1</sup> La precisión horizontal estimada de RTK es superior a los 1–2 cm (0,05 pies). La precisión vertical estimada de RTK es superior a los 3 cm (0,1 pies).

Ambos receptores GPS efectúan mediciones, u observaciones, de las señales GPS a la vez. La estación de referencia transmite al móvil, a través del enlace por radio, la información observada junto con su ubicación y otros datos. El móvil entonces combina los datos de la estación de referencia con los suyos propios con el fin de calcular una posición muy precisa relativa a la de referencia.

Una única estación de referencia puede soportar un número de receptores móvil ilimitado, siempre que se encuentren a una distancia de 10 km (6 millas). Normalmente, el rango del enlace por radio es el factor limitante. Pueden utilizarse repetidores de radio, pero el número de repetidores permitidos depende del tipo de radio utilizado.

El módem de radio TRIMCOMM™ 900M se recomienda para zonas donde está autorizada la banda de 900Mhz. Esta radio tiene una caja robusta y soportes especialmente diseñados para maquinaria pesada y entornos de construcción. Para las zonas donde la banda anterior no está permitida, puede utilizarse la radio Trimble 450S. SiteVision GPS también es compatible con otras radios que empleen un cable adaptador especialmente diseñado.

#### SiteVision GPS —Las piezas del hardware

SiteVision GPS se utiliza como una configuración móvil RTK. Requiere una estación de referencia GPS ubicada cerca de la zona del proyecto. A continuación se va a describir brevemente la estación de referencia, para continuar con una descripción detallada de los componentes de la maquinaria.

#### Estación de referencia GPS

Una estación de referencia GPS tiene los siguientes componentes:

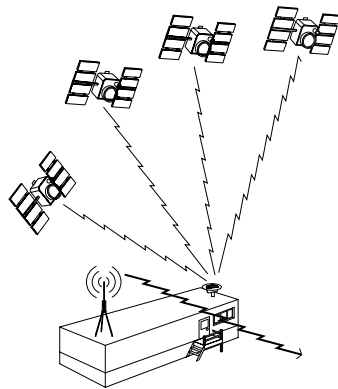
- Receptor GPS
- Antena GPS
- Módem de radio
- Cables
- Suministro de alimentación eléctrica

Además, puede que haya un trípode para la antena GPS y posiblemente la radio, dependiendo de la ubicación particular. En el caso de zonas de construcción, donde el trabajo se prolonga durante períodos largos, se recomienda una ubicación semipermanente, tal como el tejado de la oficina de la obra. También se recomienda un suministro de alimentación eléctrica confiable.

Esta estación de referencia es similar al radiofaro láser empleado en los sistemas de control en maquinaria. Sin embargo, la estación de referencia GPS presenta varias ventajas significativas respecto al radiofaro de láser:

- No sólo proporciona información de posicionamiento vertical sino que también proporciona información de posicionamiento horizontal
- Con radios apropiadas transmite en una zona amplia (de hasta 10 kilómetros)
- La transmisión no se restringe a un avión
- Transmite a través de polvo y obstáculos

La estación de referencia GPS requiere una ubicación de inicio. Para lograr los mejores resultados, el receptor de referencia se configura sobre un punto topografiado. Una forma sencilla y eficaz de establecer estos puntos de medición consiste en emplear a un topógrafo experimentado con el equipo GPS de Trimble.



### GPS en la máquina

Los componentes utilizados en SiteVision GPS para el posicionamiento de la hoja de la maquinaria incluyen:

- 1 receptor GPS con puertos de antena dual
- 2 antenas GPS
- 1 radio

- Una computadora a bordo y pantalla con tarjeta de datos CompactFlash
- 2 mástiles de antena GPS
- Cables y soportes de montaje
- 3 barras de luces

Las antenas GPS se montan con un mástil en cada punta de la hoja de la del bulldozer o apisonadora. La antena de radio puede montarse en cualquier ubicación conveniente cerca del punto más alto de la máquina. El receptor GPS normalmente se monta lejos de la vista y alejado del operador, donde no impida el movimiento.

La pantalla se monta dentro de la cabina, cerca del operador de forma que sea fácil de alcanzar. Con el montaje de desenganche rápido, la pantalla puede quitarse fácilmente cada noche o cuando sea necesario por motivos de seguridad.

Las barras de luces pueden montarse dentro o fuera de la cabina. En ambos casos, los soportes han sido diseñados para el desenganche rápido y para quitar las barras de luces diariamente.

Si se utiliza un arnés de cable robusto, los componentes del sistema se interconectan, y conectan al suministro eléctrico de la máquina. Este último puede conectarse desde un interruptor de encendido o directamente desde la batería.

### VISION DE CONJUNTO

SiteVision GPS requiere en primer lugar un diseño definido del sitio de la obra, al inicio del proyecto o al inicio del área de trabajo nueva, que se introduce en la pantalla que hay a bordo de la máquina. El diseño se utiliza para calcular el corte o relleno de un sitio específico. SiteVision GPS utiliza también una calibración GPS, que proporciona la información necesaria para trabajar en el sistema de coordenadas del proyecto. Esto se tratará con más detalle en las secciones siguientes.

Una vez introducidos el diseño y la calibración, se necesitan datos GPS para posicionar la hoja. Las señales GPS se reciben por las antenas y se envían al receptor. Al mismo tiempo, el receptor recibe datos de la estación de referencia por el enlace de radio. Los datos se combinan para generar la posición y la

pendiente transversal de la hoja. Esta información se transmite a la computadora que hay a bordo.

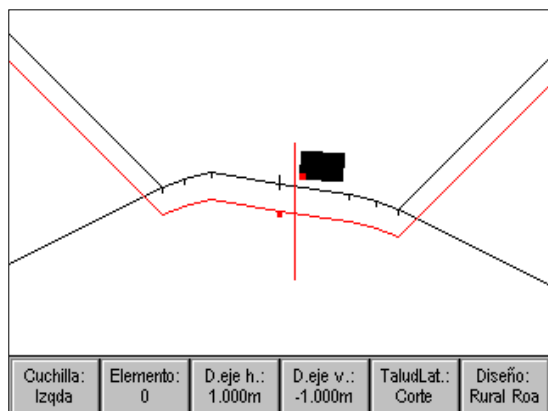
La pantalla de la computadora es en color y fácil de ver a la luz del día. Hay tres vistas posibles para presentar la información en pantalla:

- Texto
- Sección transversal (para alineaciones viales)
- Vista del plano

El operador puede conmutar entre estas tres pantallas en cualquier momento.

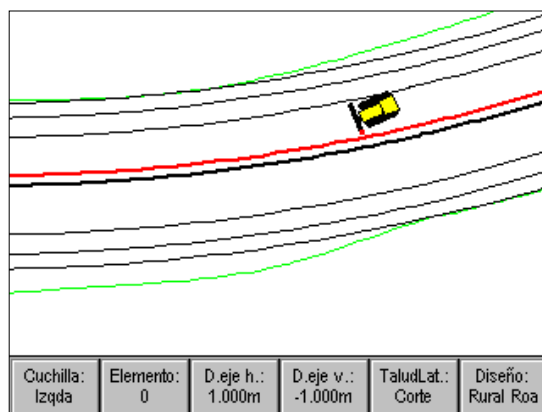
<b>Corte izqdo</b>	<b>1.29 m</b>				
<b>Corte drcho</b>	<b>1.41 m</b>				
<b>Elev de diseño</b>	<b>63.30 m</b>				
<b>Oscilación</b>	<b>+1.8°</b>				
<b>Satélites</b>	<b>9</b>				
Cuchilla: Izqda	Elemento: 0	D.eje h.: 1.000m	D.eje v.: -1.000m	TaludLat.: Corte	Diseño: Rural Roa

La pantalla presenta las alturas de antena sobre la base de la hoja, así como realiza otra función muy importante: muestra comparaciones entre las posiciones GPS en la base de la hoja y las elevaciones de diseño, y calcula el corte o relleno a nivelar. Asimismo transmite los datos de dicho corte o relleno a las barras de luces de SiteVision GPS, que guían al operador hacia arriba o hacia abajo en cuanto a control de la hoja, y hacia la derecha o hacia la izquierda respecto a una alineación determinada.



En los casos en que se hayan definido alineaciones viales horizontal y vertical, la pantalla y las barras de luces proporcionan una guía hacia la derecha o hacia la izquierda de una línea seleccionada. Normalmente se selecciona el eje.

Si el operador maneja el vehículo más allá del perímetro de la zona de trabajo definida, la pantalla le informa que la máquina 'está fuera del diseño' ("Off Design!"). Las barras de luces también parpadean repetidamente para avisar al operador.



### Configuraciones

Todos los componentes del sistema SiteVision GPS son configurables. Las configuraciones por defecto han sido cuidadosamente seleccionadas para que soporten la mayoría de las condiciones, aunque pueden cambiarse con el fin de adaptarse a las condiciones locales.

Detalles antena y cuchilla					
Posición antena izqda					
Altura plano del terreno:	<input type="text" value="2.900"/>		m		
Antena hacia atrás desde pta cuch:	<input type="text" value="0.700"/>		m		
Anten hacia adentro desde pta cuch:	<input type="text" value="0.400"/>		m		
Medir al estar aparcado en nivel del terreno con la cuchilla horizontal y con una inclinac longitudinal normal.					
Tipo cuchilla	Antena izqda	Antena drcha	Cuchilla	Orientac vertical	

Las configuraciones típicas incluyen:

#### *Receptor GPS*

- Sistema de coordenadas y calibración
- Tasa de actualización de posiciones

#### *Barras de luces*

- Escala de las barras de luces, o distancia implicada por cada flecha encendida

#### *Hoja y antenas GPS*

- Alto y ancho de la hoja
- Alturas de ambas antenas sobre la hoja
- Distancias al eje de las antenas desde la punta de la hoja

#### *Texto de la pantalla a bordo*

- Coordenadas
- Elevación de la hoja
- Estación
- D.eje del eje
- Orientación de la máquina
- Inclinación frontal de la hoja
- Inclinación lateral de la hoja
- Rumbo
- Velocidad
- Punta de la hoja izquierda de corte/relleno
- Punta de la hoja derecha de corte/relleno
- Elevación de diseño
- Estado del GPS
- Número de satélites

Las configuraciones de texto pueden seleccionarse para verse en cualquier momento.

---

#### DEFINICION DEL DISEÑO DEL SITIO DE LA OBRA

Cada sitio de una obra tiene una superficie vertical definida, basada en el diseño de ingeniería para el proyecto. Este puede ser un modelo digital del terreno basado en el diseño tridimensional, o puede ser la superficie de una carretera basada en plantillas viales. Todos éstos pueden introducirse por separado en SiteVision GPS.

#### SUPERFICIE DE DISEÑO

El corte o relleno en un sitio específico es la diferencia entre la base de la hoja y la pendiente de diseño. Esta última está basada en una superficie de diseño definida, que puede ser planar o irregular. La superficie de diseño se introduce de cualquiera de las dos formas siguientes:

Introducción por teclado:

- Superficie nivelada
- Superficie inclinada

Tarjeta de datos:

- Modelo Digital del Terreno (MDT) – bien una cuadrícula regular o una red irregular triangulada (TIN)
- Diseño vial
- Superficie nivelada
- Superficie inclinada

## INTRODUCCION POR TECLADO

La introducción por teclado se utiliza para planos sencillos, que pueden estar nivelados o inclinados respecto a una pendiente transversal. Este método se utiliza normalmente para zonas donde los cambios de diseño requieren modificaciones inmediatas en el campo.

**Nuevo diseño: Superficie inclinada**

Punto				
Norte:	<input type="text"/>	m		
Este:	<input type="text"/>	m		
Elevación:	<input type="text"/>	m		

Punto	Acimut	Pendiente transversal	Aquí	Método: Pt / Ac
-------	--------	-----------------------	------	-----------------

Por ejemplo, suponga que un cambio de diseño requiere que la plataforma se eleve tres metros. Esta plataforma tiene un talud definido desde la parte frontal a la dorsal, con un talud transversal. Para llevar a cabo este cambio sin esperar a que se realice la colocación de estacas nuevas, el operador puede sencillamente definir con SiteVision GPS las esquinas del lote existente, e introducir la nueva elevación de diseño, talud y pendiente transversal directamente desde la computadora.

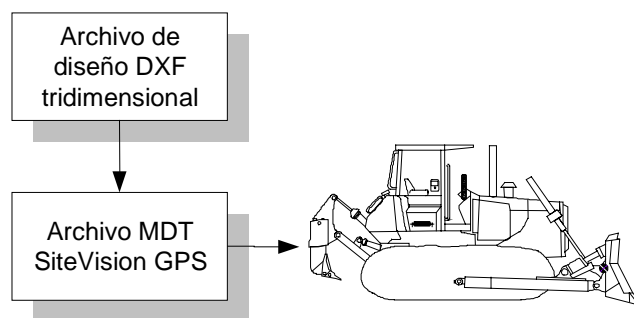
## TARJETA DE DATOS COMPACTFLASH

La mayoría de los trabajos presentan superficies de diseño irregulares, con variedad de taludes y curvas de nivel. Este tipo de superficies complejas no puede definirse con un plano único. En su lugar, se definen como modelos digitales del terreno o MDTs. En el caso de carreteras, la superficie se define con plantillas de cortes transversales.

Con el empleo de una tarjeta de datos, el MDT de diseño o las plantillas viales se cargan directamente a la pantalla que hay a bordo de la máquina. Estas superficies definidas se utilizan para calcular el corte/relleno. También es posible cargar un mapa de fondo, utilizando un archivo con formato AutoCAD Drawing Exchange (DXF). Este mapa de fondo, que muestra alguna o todas las líneas del proyecto, es útil para resaltar las

zonas a evitar, los perímetros del lote, y otras zonas de interés. A continuación van a describirse estos archivos.

En un proyecto normal, el ingeniero diseña el proyecto basándose en el terreno original. Para crear el archivo de diseño electrónico puede utilizarse cualquier módulo de software que soporte salida DXF. Este archivo a menudo contiene múltiples capas de información. Para crear un MDT cuadrículado para SiteVision GPS, los datos horizontal y vertical (tridimensionales) que definen el plano de nivelación deben introducirse en una única capa. Esta entonces se convierte al formato SiteVision GPS con una utilidad de conversión sencilla. El MDT se transfiere a la tarjeta de datos y a continuación se lee en la pantalla de SiteVision GPS.



En algunos casos, puede que el contratista no tenga acceso al archivo electrónico creado por el ingeniero. Si sólo se dispone de una copia en papel del plano de nivelación, para crear el MDT<sup>2</sup>, es posible utilizar la información digitalizada empleada en el cálculo de la cantidad de capa superior del suelo a mover. En este caso, un archivo ASCII que contenga los valores norte, este e información de elevación, puede ser leído por el software Trimble Geomatics Office, donde se crea el MDT de SiteVision GPS.

Una vez creado el archivo, se transfiere a la tarjeta de datos y es leído por la pantalla de SiteVision GPS. Los datos para el MDT de SiteVision GPS pueden proceder de Agtek, Paydirt, y otros softwares. Se proveen macros para la generación de MDT de SiteVision GPS directamente de diseños Terramodel.

<sup>2</sup> Nótese que los datos de planos de nivelación digitalizados pueden estar sujetos a errores de escala. Por esta razón, es preferible utilizar los datos del diseño electrónico original en lugar de los planos de papel digitalizados.

En el caso de las carreteras, la superficie vertical normalmente se deriva de plantillas, que definen los elementos de la carretera. Estas plantillas también definen la alineación horizontal de los elementos de la carretera. Esta combinación de definición de alineación y superficie es distinta de un MDT, ya que el sentido derecha/izquierda de una línea específica es significativo. Esto se trata en la sección siguiente.

### *ALINEACIONES VIALES*

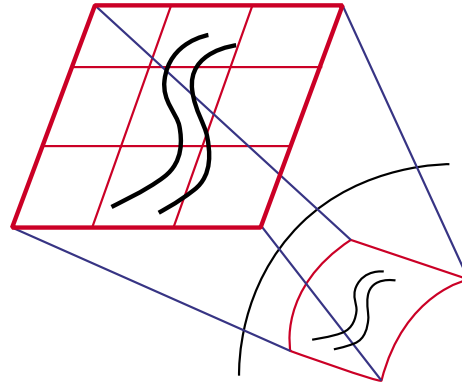
SiteVision GPS soporta diseños viales en el formato de archivo Trimble Survey Controller™ (v6.5, v7.0 o v7.5). Estos archivos pueden crearse utilizando Trimble Geomatics Office™ o Trimble Exchange. Ambos softwares soportan diseños viales creados en AutoDesk Civil Design, Inroads e Inrail de Microstation, MXROAD, y otros módulos.

La definición vial de Trimble Geomatics Office consiste en una serie de plantillas de secciones transversales. Estas plantillas se utilizan para definir la alineación horizontal y la superficie vertical de la carretera. Con estos datos de entrada, SiteVision GPS proporciona al operador el corte/relleno respecto a la superficie de la carretera y el sentido derecha/izquierda de la alineación definida.

Una vez que la carretera se ha definido en Trimble Geomatics Office, se crea un archivo de SiteVision GPS, también denominado archivo DC, que se copia a la tarjeta CompactFlash. Esta tarjeta se utiliza entonces para cargar la alineación vial y la información de calibración a la pantalla del SiteVision GPS.

### *CALIBRACION GPS*

El GPS funciona en un sistema llamado WGS-84. Las posiciones del GPS generalmente se expresan como coordenadas WGS-84: latitud, longitud, y altura. Es posible transformar matemáticamente posiciones GPS al sistema de coordenadas local, siempre que se midan con GPS dos o más puntos de control existentes. Este proceso, o la relación matemática derivada del mismo, se llama calibración GPS.



Desde el punto de vista del operador de la máquina, la calibración de SiteVision GPS es similar a la calibración de elevación para un sistema de control por láser. Site Vision GPS requiere una calibración para cada proyecto.

La forma más sencilla de obtener una calibración segura para un proyecto es contratar a un topógrafo experimentado en mediciones RTK y familiarizado con el equipo Trimble. El topógrafo puede llevar a cabo fácilmente el trabajo de campo y oficina necesario, así como suministrar la calibración en la forma requerida. Al mismo tiempo, este topógrafo puede crear coordenadas en el sistema del proyecto local para la estación de referencia SiteVision GPS.

El archivo de calibración, al igual que el archivo de diseño del sitio de la obra, se introduce directamente de la tarjeta de datos en SiteVision GPS.

## RESUMEN DE UN PROYECTO TIPICO

A continuación se muestra un resumen paso a paso de un proyecto típico.

### EN EL CAMPO

- Empleo de un topógrafo GPS cualificado, posicionamiento y ubicación de puntos de control topográficos, que incluyan puntos de estación de referencia, y generación de un archivo de calibración local
- Instalación del equipo SiteVision GPS en la(s) máquina(s)

### EN LA OFICINA

- Obtención de un diseño digital del ingeniero encargado del proyecto o del presupuestista de obras
- Copia del diseño del proyecto, la alineación, y los archivos de calibración a una tarjeta de datos

### EN EL CAMPO – Estación de referencia

- Instalación de la estación de referencia GPS, preferiblemente en una marca topográfica
- Localización de la estación de referencia GPS

### EN EL CAMPO – En la máquina

- Carga de la tarjeta de datos en la pantalla que hay a bordo de la máquina
- Configuración de los parámetros de la hoja, la antena y el texto de la pantalla
- Selección de los archivos de diseño y de fondo
- Inicio de la operación de movimiento de tierra

Una vez que los archivos de diseño se han creado y la estación de referencia está en posición, SiteVision GPS requiere una introducción mínima por parte del operador. Este último puede concentrarse en el movimiento de suelo. Si no se lleva a cabo ninguna modificación en el diseño, no es necesario introducir nada más en el sistema SiteVision GPS. Si se producen cambios, el administrador del proyecto y el operador pueden actuar rápidamente, sin tener que esperar a que lleguen los topógrafos o a que se coloquen estacas.

SiteVision GPS puede trasladarse fácilmente de una máquina a otra. Ya que la estación de referencia puede soportar cualquier tipo de máquina, la adición del control de pendiente GPS a otras máquinas es cuestión de instalar el software correspondiente. Todos los operadores pueden utilizar los mismos archivos de diseño.

SiteVision GPS proporciona una solución flexible a los requisitos de movimiento de tierra. Para obtener más información sobre la aplicación del GPS a sus planos de pendiente, póngase en contacto con su oficina Trimble más próxima o con un representante autorizado.



Trimble Navigation Limited  
645 North Mary Avenue  
Post Office Box 3642  
Sunnyvale, CA 94088-3642  
1-800-827-8000  
en Norte América  
1-408-481-8000  
fuera de Norte América  
1-408-481-7744 Fax  
<http://www.trimble.com>