

Automatización de la Perforación en la Construcción de Túneles



Maximiliano Davico

7 de Septiembre de 2012

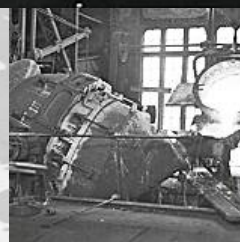
Bienvenidos a Sandvik

- Una mirada dentro de nuestro mundo



Herencia

- Fundada en 1862 en Sandviken, Suecia
- Göran Fredrik Göransson rediseñó la fundición Bessemer para producir acero en masa
- Un descubrimiento y una innovación comenzaron la compañía hace ya 150 años



Sandvik Construction



Sandvik – Líder Global



Proveedor líder mundial de equipamientos y herramientas, servicio y soluciones técnicas para la industria de la minería.



Fabricante líder mundial de herramientas y sistemas de herramientas para cortado de metal industrial avanzado.



Fabricante líder mundial de productos de alto valor agregado en materiales avanzados, aleaciones especiales y materiales de resistencia metálicos y de cerámica.



Proveedor líder mundial de equipamiento y herramientas, servicio y soluciones técnicas para la industria de la construcción.



- Sistemas de Procesamiento
- Parts of MedTech®
- Materiales Duros
- Diamond Innovations
- Wolfram
- Dormer

Sandvik – Líder Global



Órdenes recibidas

99,078 MSEK (≈14,730 MU\$S)

Ventas facturadas

94,084 MSEK (≈13,988 MU\$S)

Retorno del capital empleado

16,0%

Márgen Operativo
Sandvik
Mining



Sandvik
Machining
Solutions



Sandvik
Materials
Technology



Sandvik
Construction



Sandvik
Venture

Accionistas

113 000

Proporción de las acciones fuera de Suecia

33 %

Inversiones en propiedad, planta y equipamiento

4,994 MSEK (≈742 MU\$S)

Unidades de producción en el mundo

140

Empleados al 31 de Diciembre

50,030

2011 figures

Sandvik Construction





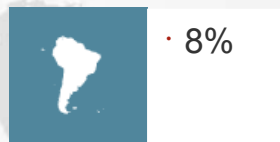
icon
to
add
picture



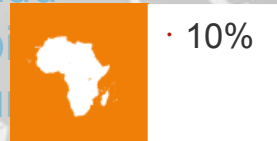
icon
to
add
picture



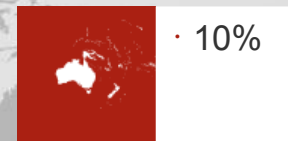
icon
to
add
picture



icon
to
add
picture



icon
to
add
picture



icon
to
add
picture

Presencia Global

· Ventas 2011, proporcion del total del grupo

Sandvik Construction



Investigación y Desarrollo

- Un camino para el crecimiento y la rentabilidad
- 3.000 MSEK (≈446 MU\$S)
- Mas de 2.400 empeados dentro de I&D
- 5,000 patentes activas
- Nuevos productos – un pre-requisito para el crecimiento rentable continuo.



Al Servicio de Miles de Clientes de la Construcción

>20.000 clientes en diferentes nichos

Contratistas de
Perforación y Voladura
en Superficie



Contratistas de
Demolición, Trituración y
Clasificación



Canteras



Contratista de Ingeniería
Civil / Tunelería



**- Factores de Crecimiento -
Población / Economía / Urbanización / Infraestructura**

Contratistas de Ingeniería Civil / Tunelería

Productos y Servicios



Perforación y Voladura de Roca

Corte Mecánico



**Tunelería
Inteligente**



Carga y transporte



Servicios de shotcrete

SANDVIK DTi El Rey del Tunel



Sandvik Construction





Rápido
Preciso
Inteligent
Amigable



Serie “I”

Sandvik Construction



APLICACIONES



- Tuneles carreteros
 - Autopistas, ferrocarriles, subterráneos
- Obras hidráulicas
 - Agua potable
 - Túneles para riego
 - Cloacales y Pluviales



APLICACIONES

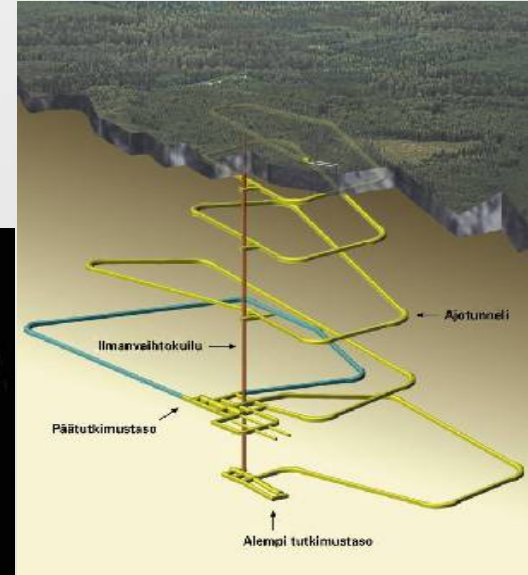
- Proyectos Hidroeléctricos

- Túneles de aducción
- Túneles de desvío
- Túneles para grouting y desagote
- Casas de máquinas



APLICACIONES

- Grandes cavernas para proyectos de infraestructura
 - Estaciones de tren y subte
 - Almacenamiento de petróleo, gas y agua
 - Estacionamientos
 - Salas de deporte
 - Refugios civiles
- Túneles Multi-uso
 - Cables
 - Servicios





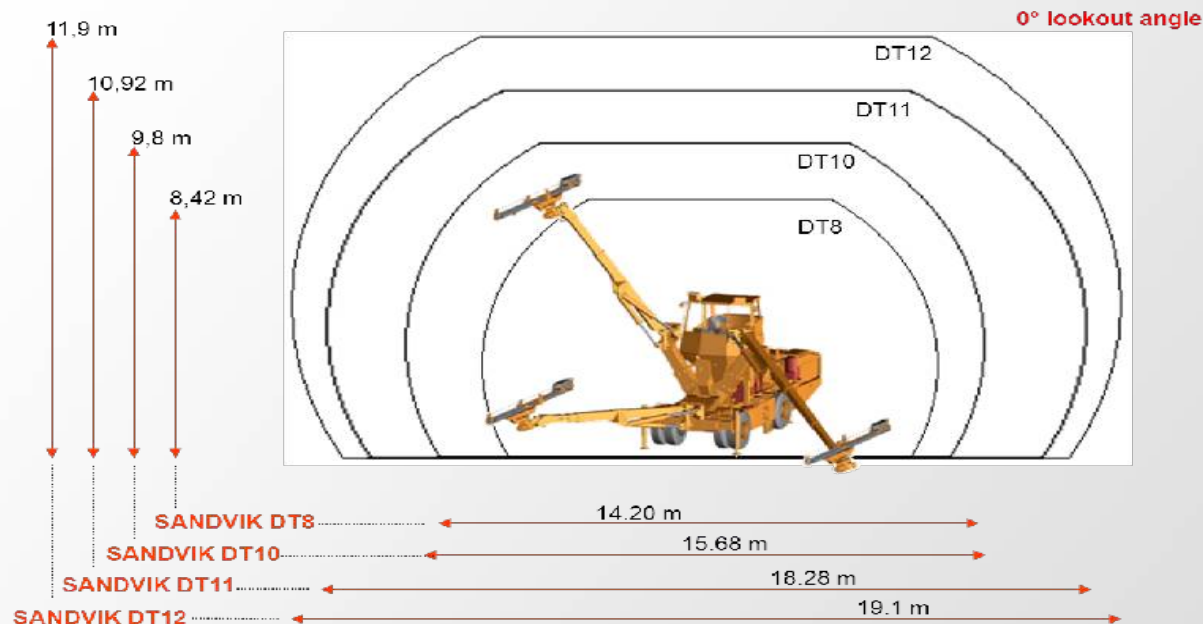
Sandvik DT920i
para túneles de 12-125 m²
Sandvik DT1120i - DT1130i
para túneles de 20-177 m²

Sandvik DT1230i
para túneles de 20-211 m²



Excelente Cobertura

EXCELENTE COBERTURA CON DTI



Sandvik Construction



nueva era en facilidad de uso



nueva era en productividad



nueva era en precisión



http://www.youtube.com/watch?v=EpZT3_0QdGQ

AHORRANDO TIEMPO Y DINERO

- Menor sobre-excavación, transporte y volumen de hormigón en liners
- Menor cantidad de barrenos.
- Avance de tunel rápido
- Menores tiempos de espera
- Flujo de trabajo optimizado

■ ■ REPETITIVIDAD

Hasta los más difíciles “drill plans” pueden ser repetidos con mínimas desviaciones, voladura tras voladura

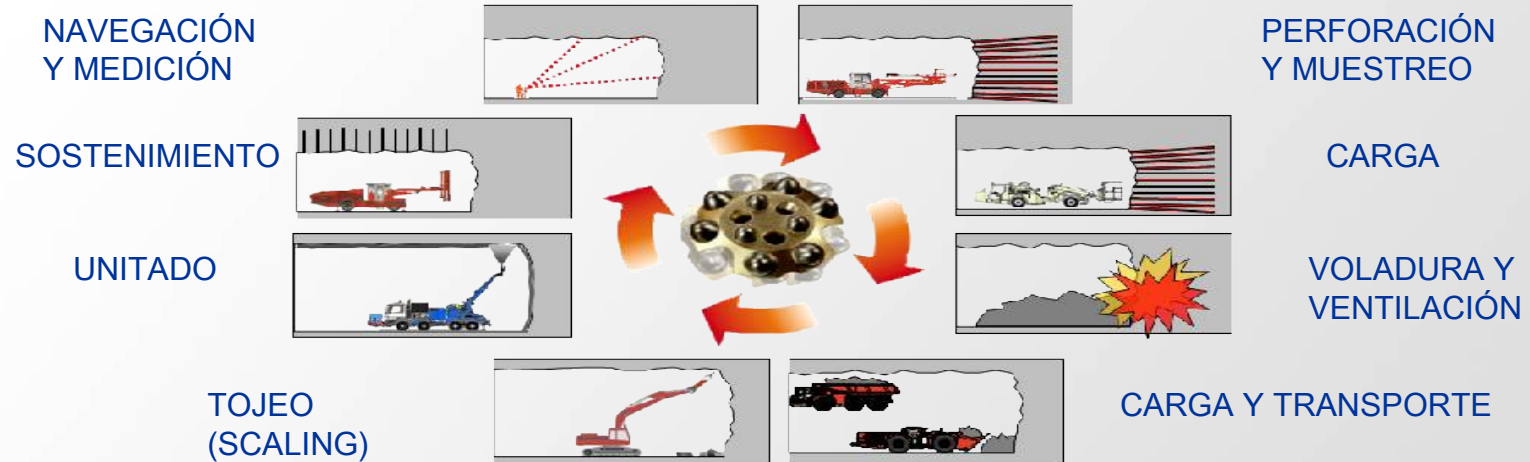
■ ■ OPTIMIZACION

Podemos analizar el ciclo completo de perforación y voladura, y el drill plan optimizado para una mejor fragmentación y perfil de tunel exacto

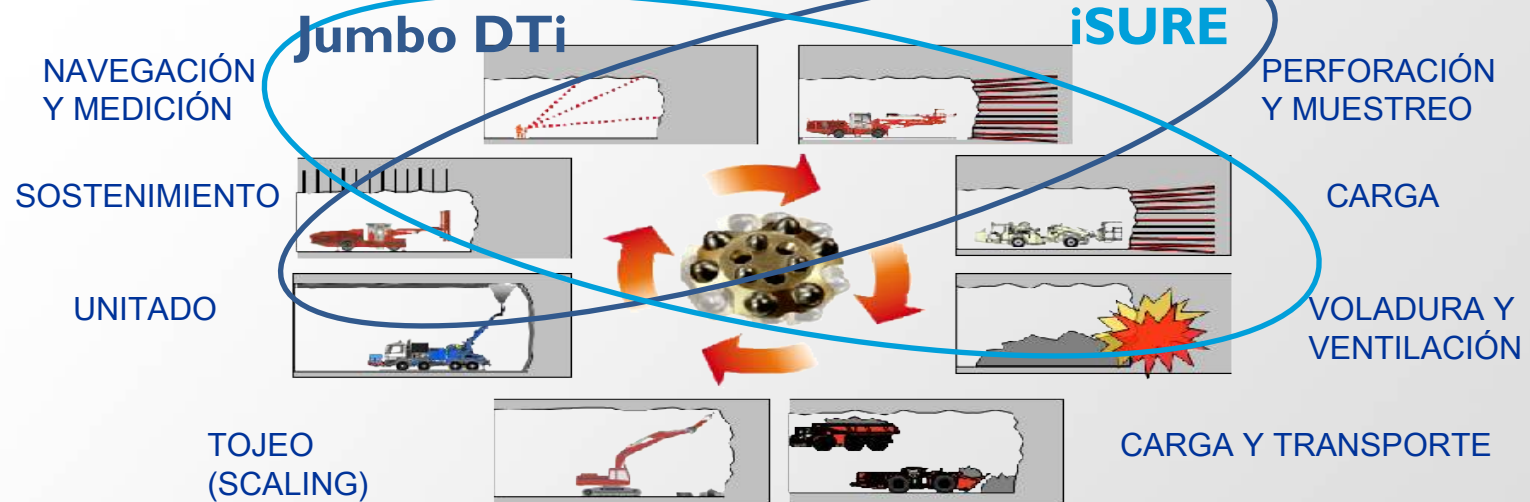
■ ■ PRECISIÓN

Esencial para buena voladura y calidad del perfil

Ciclo de trabajo en tunelería

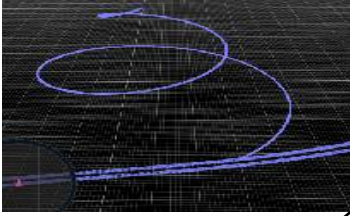


Ciclo de trabajo perforación y voladura



La Imagen Macro

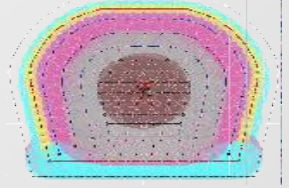
Línea de Túnel



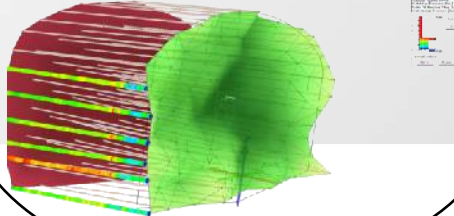
El equipo



Diseño de perforación y voladura



Análisis de datos



Sandvik Construction



Sistemas de Control

Sistema de Automatización iDATA

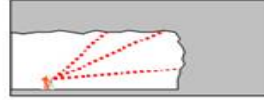
- Ciclo de perforación totalmente automático acorde a programa pre-diseñado
 - Posicionamiento del brazo manual, asistido por computadora o totalmente automático
 - Control de torque y de avance-percusión
 - Diferentes seteos de perforación para diferentes tipos de barreno
 - Fácil de corregir mientras se perfora
 - Supervisión anti atascos
 - Un operador para 2 y 3 brazos (opción la de un segundo)
 - Recolección de datos y reporte
 - Optimización del plan de perforación con iSURE
 - Ergonomía superior en la cabina





Navegación

NAVIGATION
& SURVEYING



DRILLING, PROBING
& GROUTING

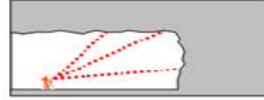
- La medición de la posición del equipo y la orientación en el sistema de coordenadas del túnel es llamada "NAVEGACIÓN"
- También la posición en los programas de perforación y la orientación es determinada
- La navegación hace posible:
 - Posicionar los brazos automáticamente en las coordenadas deseadas
 - Reportar cada barreno en coordenadas proyectadas así como también dentro del plan de perforación

- **Diferentes métodos de navegación**

- **Navegación en túnel recto**
 - Navegación tradicional con láser
- **Navegación acorde a una tabla de la curva planeada**
 - Navegación tradicional con láser
 - Nueva característica de navegación con estación total

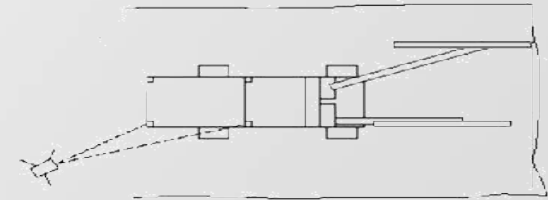
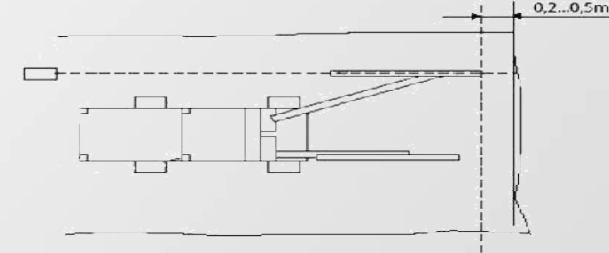
Navegación

NAVIGATION
& SURVEYING



DRILLING, PROBING
& GROUTING

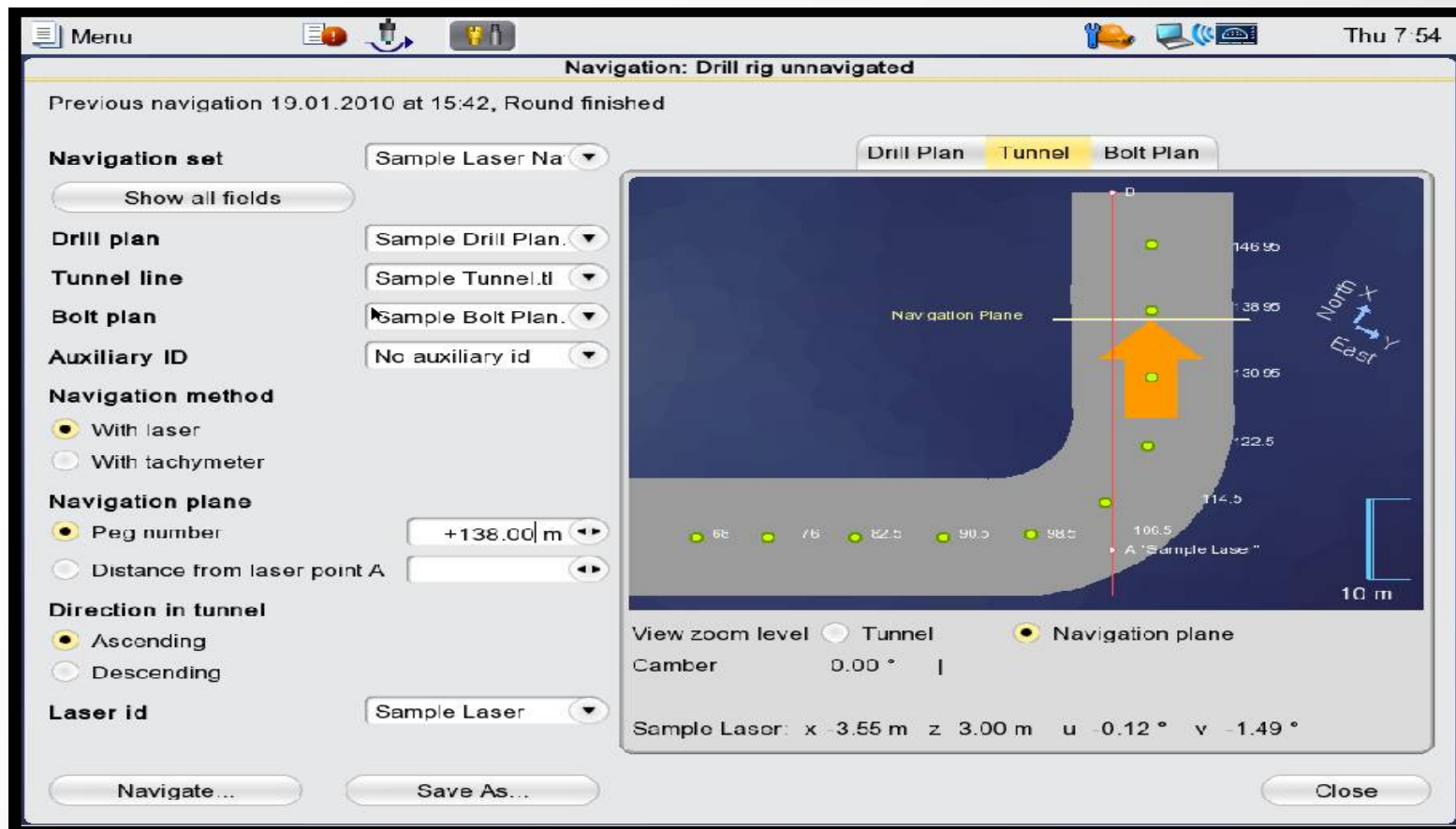
- Navegación láser
 - Método tradicional
 - Posibles fuentes de error
 - Medición de las coordenadas del laser (no hay manera de determinarlo)
 - Dificultad del usuario para llevar el brazo hacia el láser (idem anterior)
 - Sensor de inclinación del equipo
 - Los errores de navegación de un brazo son trasladados a los otros
 - La precisión alcanzada en los ensayos de fábrica es aproximadamente 2 veces la precisión del brazo
 - Errores en la definición de la profundidad del túnel



- Navegación por estación total

Nuevo método de trabajo
Sandvik Construction
Menos fuentes de error

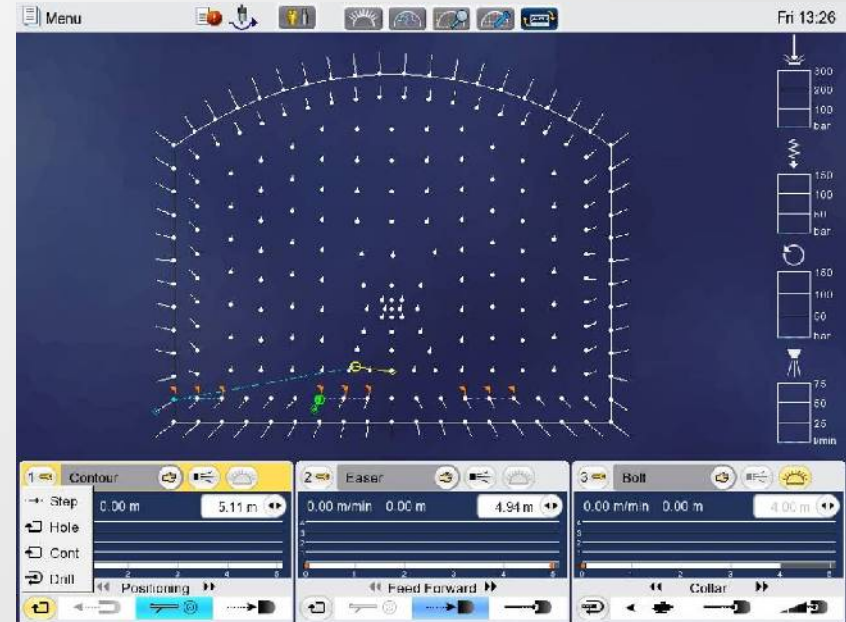




Ciclo de perforación



- Posicionamiento
- Avance hasta contacto
- Empatado
- Rampa^
- Perforación a máxima potencia
- Acabado
- Percusión reversa
- Avance reverso



Ciclo de perforación



• Posicionamiento

- Método por defecto para posicionar el brazo en el próximo barrenos es totalmente automático
- Acorde a secuencia pre-diseñada o por método “Lock to target”
- Puntos de referencia para posicionamiento
- Auto detección de “colisión” del brazo
- Cuatro modos de control manual de brazo disponibles
- Control directo
- Modo paralelo
- Cuando se opera la elevación e oscilación del brazo con el joystick, el sistema los comanda juntos a fin de mantener la dirección del túnel
- Modo manipulador
- Un joystick para la posición de la broca. Un joystick para la dirección de la barra de perforación
- Mantiene la dirección del barrenos cuando se cambia la posición del mismo
- Mantiene la posición del barrenos cuando se cambia la dirección del mismo.

Ciclo de perforación



- Empatado
 - Comienza la perforacion con los parámetros definidos para el tipo de barreno actual
 - 9 configuraciones de tipo de barreno diferentes (ej: comienzo rápido para barrenos sencillos – suave y cuidadoso para barrenos de contorno)
 - Velocidad de empatado ajustable mediante potenciómetro

Ciclo de perforación



Rampa ajustable de dos etapas para potencia máxima

Tanto la rampa como la potencia máxima de perforación utilizan un algoritmo de control de perforación para cada tipo de barreno

- Control de torque
- Control del avance-percusión
- Control pasivo de avance-percusión

El operador puede cambiar los ajustes de perforación en cualquier punto durante la perforación usando los potenciómetros:

- Avance
- Percusión
- Velocidad de rotación
- Barrido Aire-Niebla

Ciclo de perforación



Supervisión constante de perforación con reacción automática para:

- Anti atasque
- Presión del estabilizador
- Caudal de barrido
- Presión de barrido
- Lubricación del iniciador
- Detección de roca (contacto entre la broca y la roca)

Ciclo de perforación



- Seteo para diferentes tipos de barrenos
- 10 tipos diferentes de barrenos que sirven como slots de memoria para seteos e información extra adicional.
- Precisión donde es requerida, potencia máxima donde es posible

• Tipos de barrenos:

- Contorno
- Alivio
- Inferior
- Corte
- Escariado (maricón)
- Empernado
- Inyección
- Cubierta (paraguas)

Seteo automático para cada tipo de barreno

- Método de control de perforación
- Modo de finalización de barreno
- Supervisión de perforación
- Parámetros de rampa
- Parámetros de empatado
- Parámetros de potencia máxima

Ciclo de perforación



Finalización del barreno

- Percusión sin avance reverso es posible

Modos de barrido

- Agua
- Aire
- Aire / Niebla

El modo de finalización puede ser diferente para distintos tipos de barrenos

- Ej: escariado con barrido por aire, barrenos de alivio con barrido por agua

Ciclo de perforación



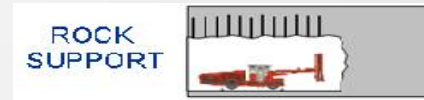
Percusión reversa

- Reversa sin barrido
- Reversa con barrido
- Reversa con barrido por aire
- Reversa con o sin rotación

Avance reverso

- Usando la extensión del avance o si fuera necesario la extensión del avance y el zoom juntos.

Sostenimiento



- El equipo ofrece el sistema de empernado como opción
 - Diseño de plan de empernado con iSURE
 - Navegación para empernado en el equipo
 - Perforación automática de a un barreno
- La opción TRH (manipulador de barras) permite la inyección mecánica de resina o concreto
- El reporte de las posiciones de los barrenos en las coordenadas del proyecto junto con la exportación de datos de iSURE posibilita:
 - Trazar todos los barrenos en el proyecto dentro del mismo layout
 - Trazar todos los barrenos a inyectar en el proyecto en la misma imagen para revisar si los ventiladores de inyección están alineados correctamente.



Sandvik Construction



Recopilación de datos

- Por defecto el equipo recolecta y guarda información acerca de todas las tareas que está llevando a cabo
 - Contadores (horas, metros,... para compresor, bombas, perforador...)
 - Ubicación de los barrenos en las coordenadas del equipo en comparación con lo planeado
 - Ubicación de los barrenos en las coordenadas del proyecto si fue navegado
- Opcionalmente
 - La recopilación de datos MWD puede ser activada para todos los los barrenos
 - La recopilación MWD puede ser definida en el plan de perforación (oficina)
 - La recopilación MWD puede ser activada para cualquier barreno en el plan de perforación (equipo)
 - Los eventos de las herramientas de perforación pueden ser monitoreados
- Los archivos de datos recopilados pueden ser abiertos en iSURE donde un reporte del uso del equipo puede ser creado.
 - Para el ciclo
 - Para el historial completo del equipo
- Los datos recopilados pueden ser usados para mejorar los planes de perforación como un proceso continuo.

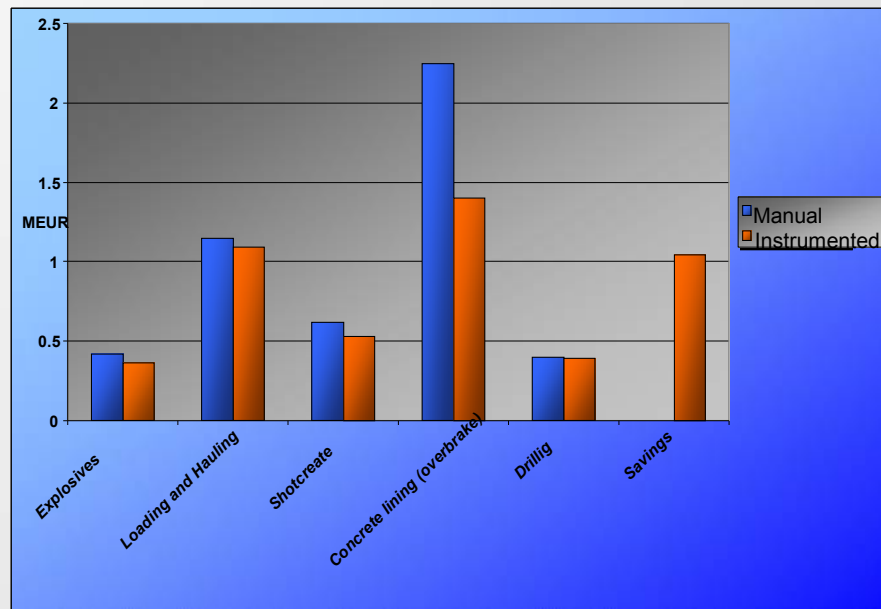
iSURE

**intelligent Sandvik Underground Rock
Excavation software**

Por qué hemos desarrollado iSURE?

Posibilidades de ahorro

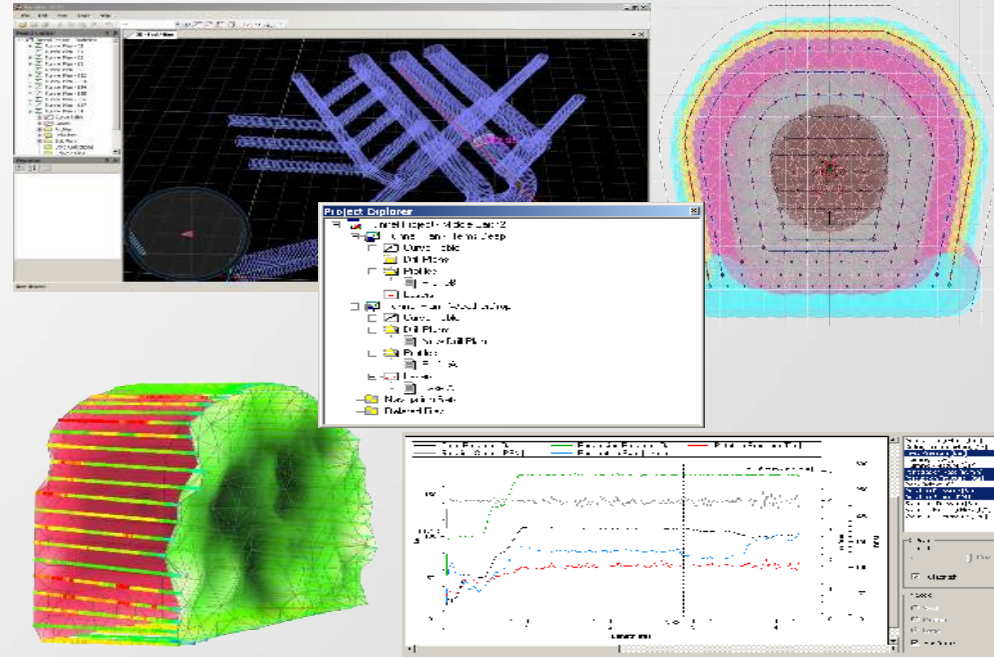
- Con una mayor precisión reducimos tolerancias en la excavación:
 - Sobrerotura reducida
 - “Pull-Out” mejorado
- Podemos optimizar los programas en términos de lograr economía en la excavación



Sandvik iSURE

Características Claves

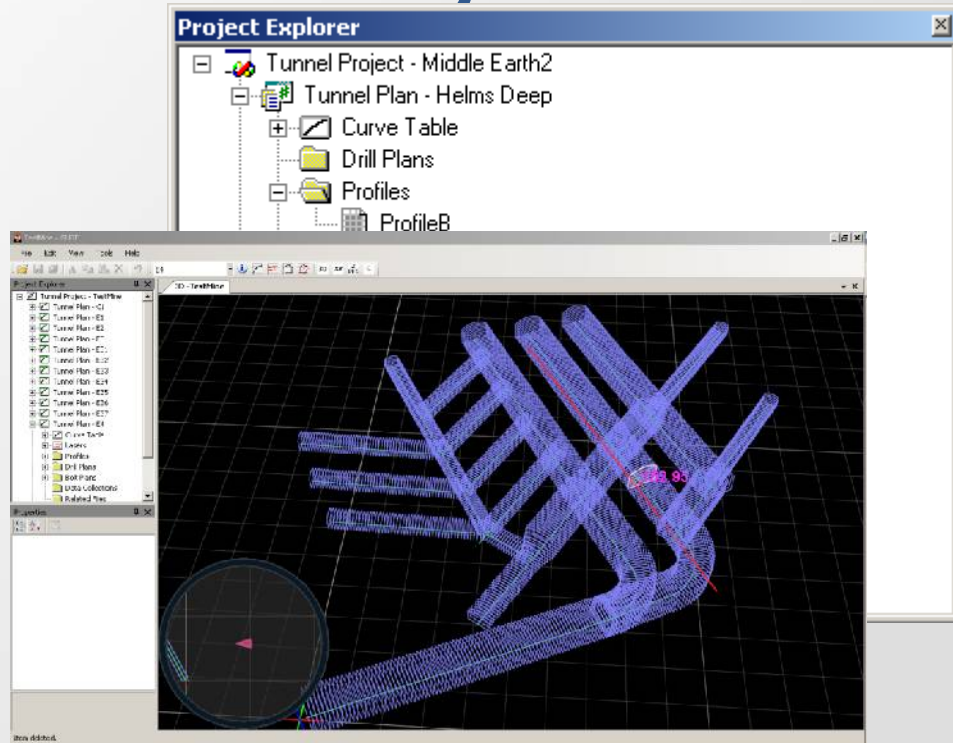
- Modulo 1: Tunel
 - Organización de datos de proyecto
 - Diseño de la línea del túnel
 - Diseño del perfil
 - Diseño de la perforación y la voladura
 - Diseño de plan de unitado y muestreo
 - Creación de documentos a partir de planes de perforación
- Modulo 2: Reportes
 - Recopilación de datos del equipo
 - Presentación de datos
 - Generación de reportes
- Modulo 3: Analisis
 - Recopilación, visualización y reporte de



iSURE 1 Tunel

Planificación de perforación y voladura

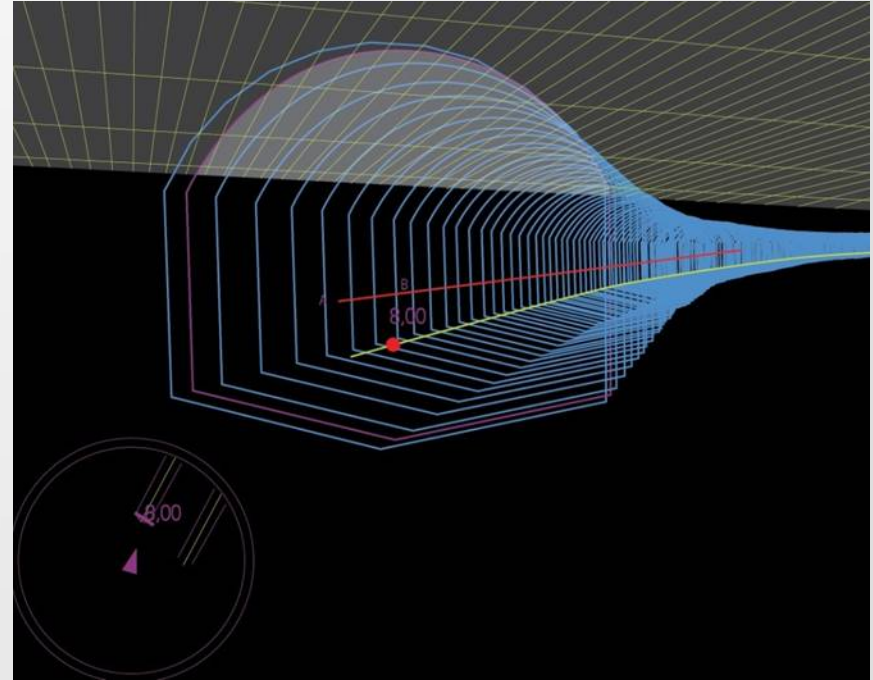
- **Proyecto del túnel**
- Múltiples túneles pueden ser incluidos en un solo proyecto
- Para cada túnel dentro del proyecto general, iSURE crea carpetas automáticamente para:
 - Tabla de curvas
 - Perfiles de los túneles
 - Programas de perforación
 - Programas de apertado
 - Datos de navegación láser
 - Recopilación de datos
 - Archivos relacionados, ej: fotos, sets de navegación



iSURE 1 Tunel

Planificación de perforación y voladura

- **Determinación de las líneas del túnel**
 - Copiado y pegado desde MS Excel
 - Importación de archivos ASCII
 - Definición de Coordenadas XYZ y ángulo de peralte
 - Se puede utilizar para sistemas de coordenadas izquierdos y derechos
 - Interpolación de las tablas de curvatura sobre las dimensiones principales de la curva
 - Visualización 3D del proyecto o por separado, diferentes visualizaciones posibles

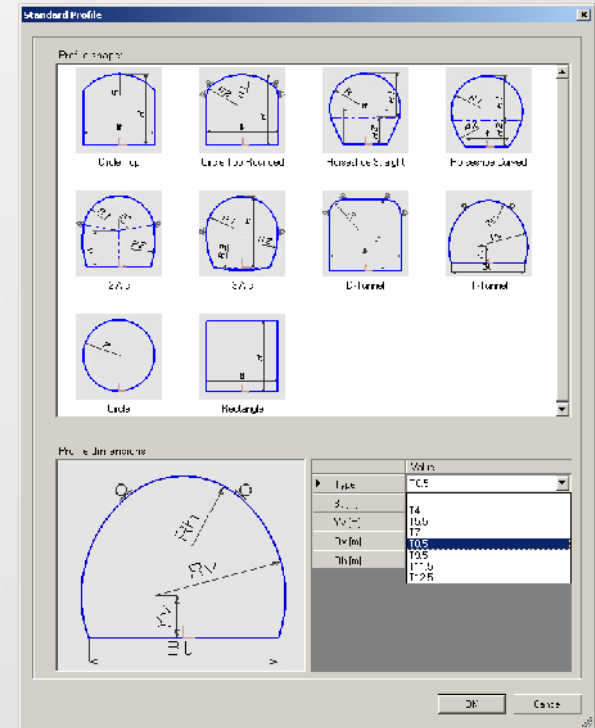


iSURE 1 Tunel

Planificación de perforación y voladura

- **Perfil Teórico**

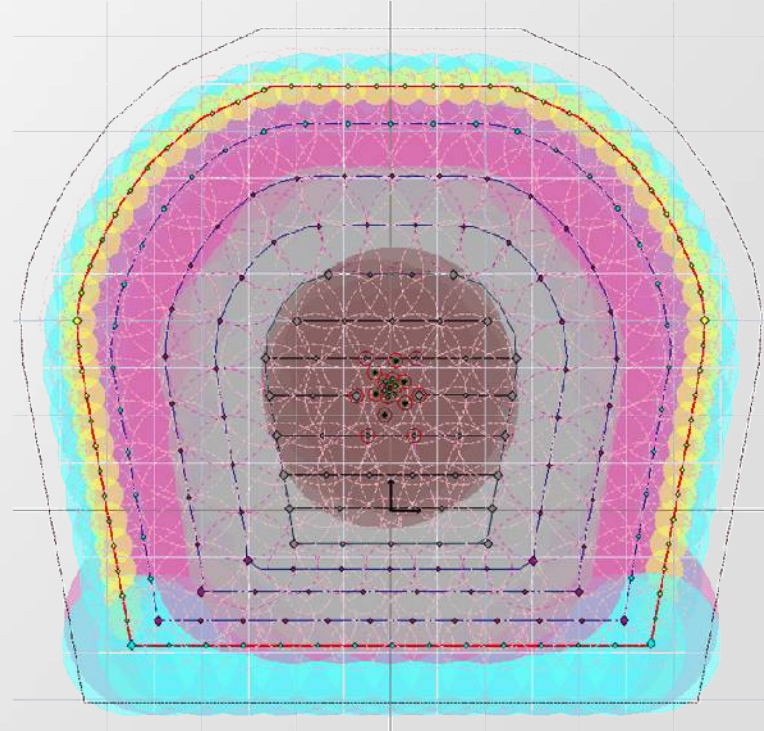
- Todos los perfiles standard mas utilizados disponibles, incluyendo perfiles “T” noruegos
- Posibilidad de importar perfiles directamente desde un archivo .dxf de AutoCAD
- Posibilidad de definir perfiles libremente con elementos (líneas y arcos)
- Funciones de edición sencillas para modificaciones de perfiles
- Estimación de techo de arco



iSURE 1 Tunel

Planificación de perforación y voladura

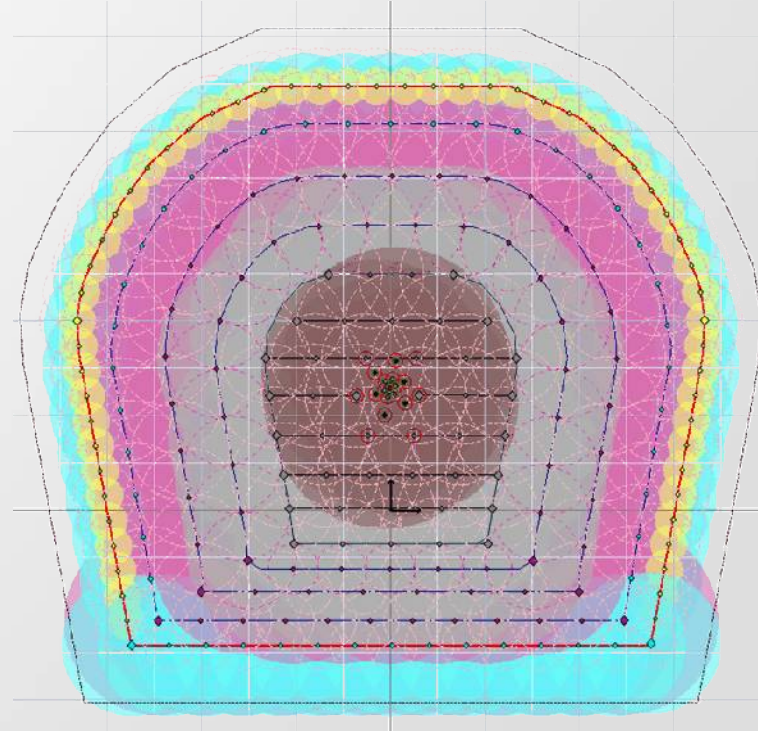
- Diseño de perforación y voladura
- Revolucionario método de diseño
- Generación de patrones de perforación y voladura, comenzando desde el nivel final de los barrenos.
- Importación de varios criterios de diseño de programas previamente diseñados (con un click):
 - tablas de explosivos
 - tablas de retardos de detonación
 - distancias de perfil de ayuda
 - diseño de avance por ciclo y base curva
 - grupo de barrenos (para corte)
 - equipo
- Definición de perfiles de asistencia relativos a perfiles teóricos
 - perfil de cara
 - perfil de base
 - perfil de tolerancia mínima
 - perfil de tolerancia máxima
 - fracturación admitida



iSURE 1 Tunel

Planificación de perforación y voladura

- Diseño de perforación y voladura
- Posicionamiento automático de barrenos basado en:
 - cálculo del burden
 - energía específica (poder detonante)
 - carga de explosivos / metros de barreno
 - zonas de fragmentación y zonas de fractura
- Ángulo de barreno automático basado en el perfil sobre perfiles definidos
- Interpolación de la dirección del barreno
- Posibilidad de diseñar un plan de perforación manualmente en el plano de navegación (vista tradicional)
- Plan de perforación de “tiro largo”
- Corte curvo
- Vistas en 3D de libre rotación ayudan a visualizar planes de perforación complejos tales como corte en V



Planificación de perforación y voladura

- **Secuencia de perforación y ángulos de rotación del brazo**
 - Programa de secuencia de perforación para cada brazo
 - Programa separado de ángulos de rotación para cada brazo
 - Interpolación de rotación
 - Punto crítico de rotación
 - Silueta del equipo y cobertura en el plan para ayudar con la secuencia y diseño de rotación

iSURE 1 Tunel

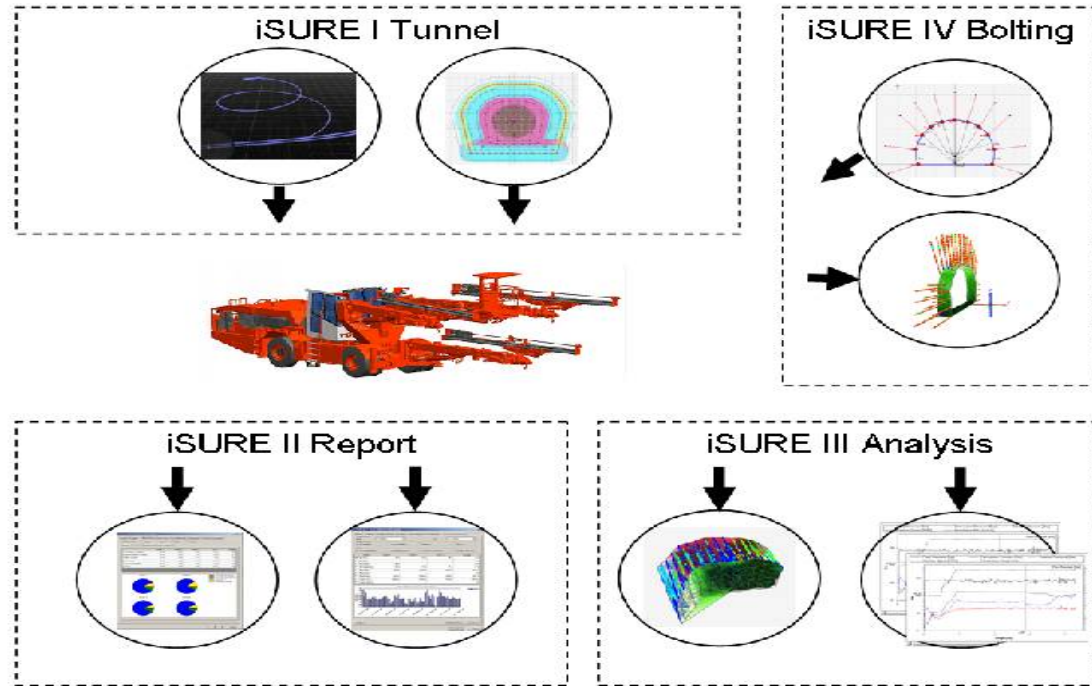
Planificación de perforación y voladura

- **Definición del tipo de barreno**
- Precisión cuando es requerida, potencia máxima cuando es posible
- Los perforadores DTi usan diferentes seteos para diferentes tipos de barreno
 - Contorno
 - Base
 - Alivio
 - Corte
 - Escariado
 - Apernado
 - Paraguas
 - Inyección
 - Probeta
 - Punto de referencia

Planificación de perforación y voladura

- Generación de documentos del programa
 - Todos los datos necesarios pueden ser reportados para el procedimiento de aceptación de la perforación y voladura, trabajo de voladura en si mismo y archivo
 - Información del plan de perforación
 - Resumen de información
 - Barrenos numerados
 - Imagen del plan de perforación
 - Secuencias
 - Mapa de detonación
 - Mapa de carga
 - Fracturación y cara inferior
 - Tabla de barrenos cargados
 - Uso de explosivos
 - Detonadores y unidades de retraso superficiales
 - Resúmenes instantáneos
 - Cálculo del volumen teórico

Control completo de proceso con iSURE





Sandvik Construction

