



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA MINERA Y DE RECURSOS ENERGÉTICOS

TRABAJO FIN DE MASTER

ANÁLISIS DEL MERCADO TECNOLÓGICO MINERO MINING TECHNOLOGY MARKET ANALYSIS

León, 01 de Septiembre de 2014

Autor: Jonatan Rodríguez Marcos

Tutor: Constantino García Ramos

El presente estudio ha sido realizado por D. Jonatan Rodríguez Marcos, alumno de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Máster en Ingeniería Minera y de Recursos Energéticos.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D. Constantino García Ramos, profesor del Máster Universitario en Ingeniería Minera y de Recursos Energéticos.

Visto Bueno

Fdo.: D. Jonatan Rodríguez Marcos
El autor del Trabajo Fin de Máster

Fdo.: D. Constantino García Ramos
El Tutor del Trabajo Fin de Máster

ÍNDICE

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
1 Objeto	1
2 Introducción	1
3 Antecedentes	2
3.1 Minería	6
3.2 Tendencias del mercado tecnológico minero	7
3.2.1 I2Mine	7
3.2.2 AutoHaul TM	10
3.2.3 Continuos Miner automation	11
3.2.4 Operaciones mineras remotas.....	12
4 VMT GmbH	13
4.1 Análisis DAFO	16
4.2 Análisis DAFO en el mercado de los túneles	17
4.3 Análisis DAFO en el mercado de la minería	20
5 Catálogo de producto de VMT GmbH	23
5.1 Sistemas de guiado y navegación	23
5.1.1 Tuneladoras	23
5.1.2 Micro tuneladoras.....	33
5.1.3 Rozadoras y carros de perforación	44
5.1.4 Excavadoras	52
5.2 Sistemas de monitorizado.....	53
5.2.1 Tuneladoras	53
5.2.2 Micro tuneladoras.....	59
5.2.3 Monitorizado de deformaciones	61
5.3 Sistemas de gestión de la información	64

5.3.1	Iris (Integrated risk and information system) Sistema de integración de riesgos e información	64
5.3.2	Sistema de gestión de perfiles	71
5.3.3	Sistema de documentación de dovelas	73
5.3.4	Medición industrial de moldes y dovelas	80
5.3.5	Secuenciación de anillos	83
5.4	Plataforma de comunicación	85
5.4.1	HADES (High Adaptability Data and Emergency System) Gran adaptabilidad de datos y sistemas de emergencia.	85
6	Enfoque estratégico	98
6.1	Búsqueda de nuevos mercados	98
6.2	Diversificación	98
6.2.1	Diversificación horizontal	99
6.2.2	Diversificación vertical	99
6.2.3	Diversificación Concéntrica.....	100
6.2.4	Diversificación conglomerada.....	100
6.3	Estrategias de cooperación	101
6.4	Productos con potencial y estrategias en el mercado de la minería.....	102
6.4.1	Competencia directa.....	102
6.4.2	Innovación.....	110
6.4.3	Asociación	112
6.5	Exclusiones del mercado	113
7	Conclusiones	114
	Lista de referencias	116
	Sitios web	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Estrategias de diversificación.

Figura 3.2.- Evolución de los métodos de perforación utilizados en los túneles de Suiza.

Figura 3.2.- Evolución de beneficios.

Figura 3.3.- Mapa mundial de la Gran recesión del 2008.

Figura 3.4.- Trabajadores en Herrenknecht AG por región.

Figura 3.5.- Proyecciones de crecimiento económico mundial.

Figura 3.6.- Crecimiento de la demanda de metales.

Figura 3.7.- Exportaciones a países emergentes.

Figura 3.8.- Proyecto I2 Mine.

Figura 3.9.- AutoHaul™.

Figura 3.10.- Sketch de navegación inercial.

Figura 3.11.- Salas de control de remoto de maquinaria.

Figura 4.1.- Localización de proyectos realizados por VMT GmbH.

Figura 4.2.- Rango de servicios cubiertos por el catálogo de productos de VMT GmbH.

Figura 4.3.- Vista posterior de cabeza de corte de una tuneladora.

Figura 4.4.- Tabla de crecimiento de empresa Herrenknecht AG en los últimos 5 años.

Figura 4.5.- Fortalezas en el mercado de los túneles.

Figura 4.6.- Debilidades en el mercado de los túneles.

Figura 4.7.- Oportunidades en el mercado de los túneles.

Figura 4.8.- Amenazas en el mercado de los túneles.

Figura 4.9.- Matriz DAFO en el mercado de los túneles.

Figura 4.10.- Matriz DAFO en el mercado minero.

Figura 4.11.- Oportunidades y amenazas DAFO en el mercado minero.

Figura 4.12.- Matriz en el mercado minero.

Figura 5.1.- Vista del sistema Tunis Navigation TBM laser.

Figura 5.2.- Hardware 1.

Figura 5.3.- Hardware 2.

Figura 5.4.- Modulo de Navegación.

Figura 5.5.- Gráficos vectoriales (DWG) como fondo de imagen & gráficos rasterizados.

Figura 5.6.- Diagrama de desviaciones e historial de navegación.

- Figura 5.7.- Configuración del sistema.
- Figura 5.8.- Modulo de trazado.
- Figura 5.9.- Modulo de trazado.
- Figura 5.10.- SLS-Microtunnelling L.
- Figura 5.11.- SLS-Microtunnelling HL.
- Figura 5.12.- SLS-Microtunnelling G.
- Figura 5.13. - SLS-Microtunnelling LT.
- Figura 5.14.- Visualización.
- Figura 5.15.- Parámetros del sistema.
- Figura 5.16.- Histórico del trazado.
- Figura 5.17.- Hardware I.
- Figura 5.18.- Hardware II.
- Figura 5.19.-Display de navegación.
- Figura 5.20.-Editor de traza.
- Figura 5.21.- Diagrama del sistema de navegación para rozadoras.
- Figura 5.22.-Editores de trazado y perfil.
- Figura 5.23.-Visualización.
- Figura 5.24.-Excavadora Liebherr 944.
- Figura 5.25.- Sistema de medición de convergencia de anillos RCMS.
- Figura 5.26.- Esquema del sistema de medición de convergencia de anillos RCMS.
- Figura 5.27.- Sistema de comprobación de la planicidad en los borde de las dovelas.
- Figura 5.28.- Sistema de medición de holguras automático.
- Figura 5.29.- Sistema de medición de holguras semi-automático.
- Figura 5.30.-Sistema de registro de la presión de mortero GPSS.
- Figura 5.31.- Sistema automático de lubricación de Bentonita.
- Figura 5.32.- Sistema de medición de juntas GMS.
- Figura 5.33.- Variación de juntas en GMS.
- Figura 5.34.- Monitorizado de deformaciones.
- Figura 5.35.- Iris sketch.
- Figura 5.36- Informes de rendimiento de los turnos de trabajo.
- Figura 5.37- Herramientas de análisis.
- Figura 5.38- Visualizaciones.

- Figura 5.39.- Control de asentamientos.
- Figura 5.40.- Gestión de derechos y privilegios en el sistema.
- Figura 5.41- Gestión de perfiles corte con perforadora.
- Figura 5.42- Gestión de perfiles y posición de bulonado.
- Figura 5.43- Análisis de datos producción del sistema de navegación para rozadoras.
- Figura 5.44- Sistema de documentación de dovelas.
- Figura 5.45- Gestión de la cadena de suministro.
- Figura 5.46.- Producción del hormigón armado.
- Figura 5.47.- Preparación de los moldes.
- Figura 5.48.- Moldeo.
- Figura 5.49.- Hormigonado.
- Figura 5.50.- Desencofrado.
- Figura 5.51.- estrategias de almacenamiento.
- Figura 5.52- SDS Software.
- Figura 5.53.- Etiquetas SDS.
- Figura 5.54.- Grafico de vectores.
- Figura 5.55.- Moldes.
- Figura 5.56- Figura 5.56- Tolerancias.
- Figura 5.57.- Secuenciación de anillos.
- Figura 5.58.- Tunis Secuenciación de anillos.
- Figura 5.59.- Sketch de las funcionalidades de HADES.
- Figura 5.60- Red de conexión de HADES.
- Figura 5.61.- Centro de control de HADES.
- Figura 5.62.- Centro de control de HADES.
- Figura 5.63.- Video asistencia remota por streaming en HADES.
- Figura 5.64- Unidades de conexión de la red HADES.
- Figura 5.65.- Componentes de los módulos de HADES.
- Figura 5.66.- Componentes para HADES.
- Figura 6.1.- Vector de Crecimiento.
- Figura 6.2.- Vector de Crecimiento de la diversificación.
- Figura 6.3.- Productos de Herrenknecht AG en minería.
- Figura 6.4.- SBR Shaft Boring Roadheader.

Figura 6.5.- SBR Shaft Boring Roadheader.

Figura 6.6.- Proyectos mineros con tuneladoras.

Figura 6.7- TBM con grandes inclinaciones.

Figura 6.8- Sistemas de Navegación para rozadoras.

Figura 6.9- Gestión de perfiles corte con perforadora.

Figura 6.10.- Funcionalidades de HADES.

Figura 6.11.- Iris Mining.

Figura 6.12. - Raise Boring Ring.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1.- Comparativa de los sistemas de navegación para tuneladoras.

Tabla 5.2.- Comparativa de los sistemas de navegación para micro tuneladoras.

Tabla 6.1.- Diferencias entre mercados.

1 Objeto

El objetivo principal en este estudio es hacer un análisis interno de la empresa VMT GmbH así como de los productos y servicios ofrecidos por la misma dentro del mercado de los túneles como empresa líder en su sector y subsidiaria de Herrenknecht AG para extrapolar esos datos al mercado destino que es el mercado de la minería con la finalidad de encontrar un segmento del mercado donde sea rentable y provechosa la actividad comercial fuera de la empresa matriz, así como desarrollar la estrategia empresarial a seguir para poder entrar dentro de ese segmento de la minería.

2 Introducción

Para este propósito se tendrán en cuenta los tres puntos clave para asegurar una actividad una económica lucrativa y prospera.

El mercado en el que se quieren focalizar la actividad económica y en el caso de este estudio también el mercado del que proviene la diversificación económica ya que es su soporte económico. Igualmente es importante subrayar que la actividad minera está fuertemente ligada a los procesos de construcción o urbanización como actividad primaria y es ahí donde reside el mercado de sustento de VMT GmbH.

La empresa como entidad propia en su mercado líder, así como la diversificación de la empresa en la minería, ya que podría marcar las pautas a seguir en el propio desarrollo de la misma o por el contrario excluir alguna de ellas, Igualmente servirá para definir una estrategia.

El catálogo de productos que la empresa ofrece en el mercado de los túneles y estructuras subterráneas así como la posible aplicación de estos en los procesos mineros y las diferencias de proceso en la transformación de estos productos.

Lo posibles enfoque estrategicos (Figura 2.1) ante esta situación de diversificación, así como las exclusiones bien sean estratégicas o tecnológicas.



Figura 2.1.- Estrategias de diversificación.

Fuente: VMT GmbH (2014).

3 Antecedentes

En los últimos 50 años la evolución tecnológica en el mercado de los túneles ha experimentado una gran desarrollo desde la sustitución de la perforación y voladura como método de avance por la excavación mecanizada con tuneladoras, este cambio tecnológico ha generado una tasa de crecimiento muy elevada en el mercado de fabricantes de tuneladoras y empresas de servicios asociadas, como se muestra en la Figura 3.1.

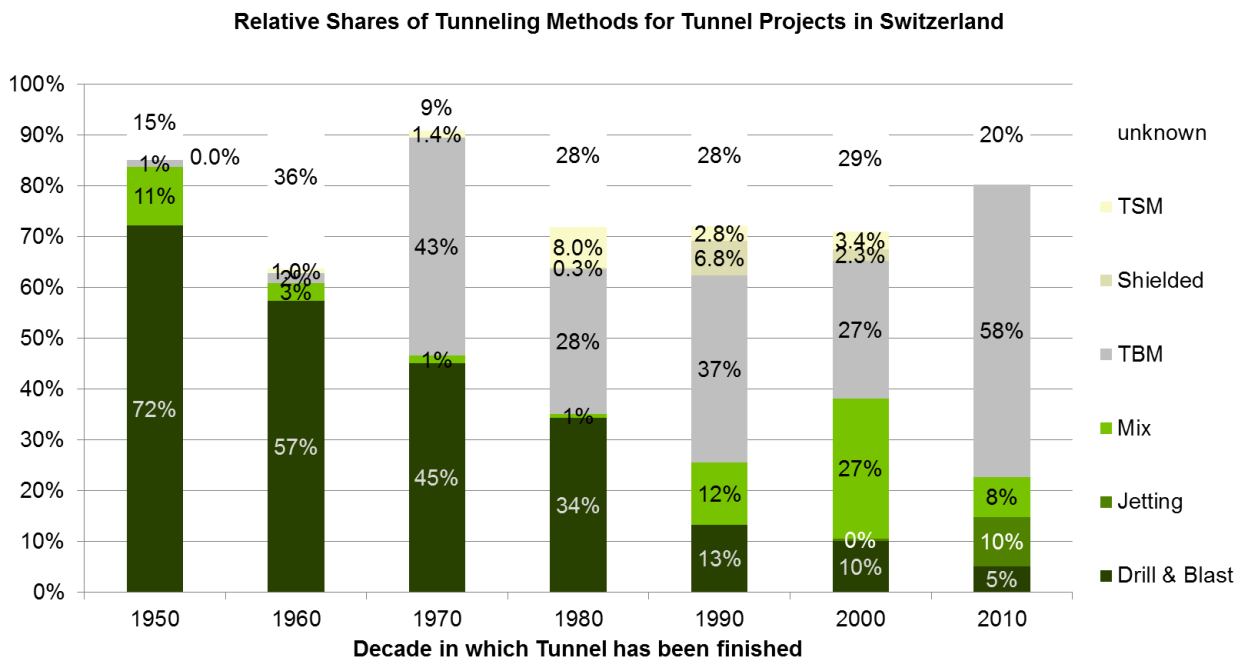


Figura 3.1.- Evolución de los métodos de perforación utilizados en los túneles de Suiza.

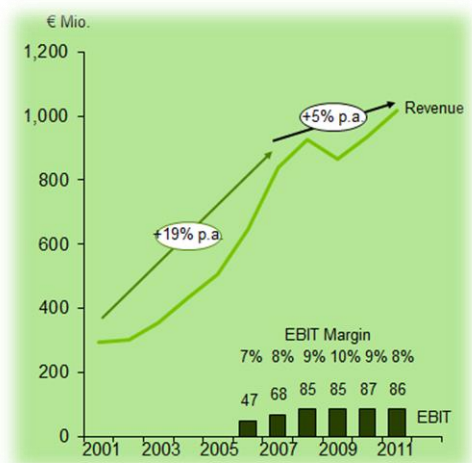
Fuente: KRIOS GmbH Consulting (2013).

En este entorno de cambio tecnológico, Herrenknecht AG como empresa matriz y VMT GmbH como empresa de servicios asociada han desarrollado globalmente una posición dominante en el mercado de *Traffic Tunneling* (carretera, ferrocarril y metro) y una significativa posición en el de *Utility Tunneling* (agua, aguas residuales, electricidad, plantas hidroeléctrica, etc.) cosechando consecutivamente una tasa de crecimiento superior al 15% anual durante muchos años.

En la actualidad, aún conserva una cuota dominante en el mercado de *Traffic Tunneling*, aunque como se puede observar en la Figura 3.2, la tasa de crecimiento ha disminuido considerablemente, en el mercado europeo los principales factores de esta disminución de ingresos, podrían ser:

Figura 3.2.- Evolución de beneficios.

Fuente: KRIOS GmbH Consulting (2013).



Como principal factor la crisis económica mundial del 2008 que hasta día ha generado una situación de recesión en los mercados de casi todo el mundo, aunque la mayor repercusión se ha sufrido en los países más desarrollados como se puede observar en la Figura 3.3. Este mercado es donde nació la revolución tecnológica de los túneles y donde se ha estado desarrollando hasta día de hoy.

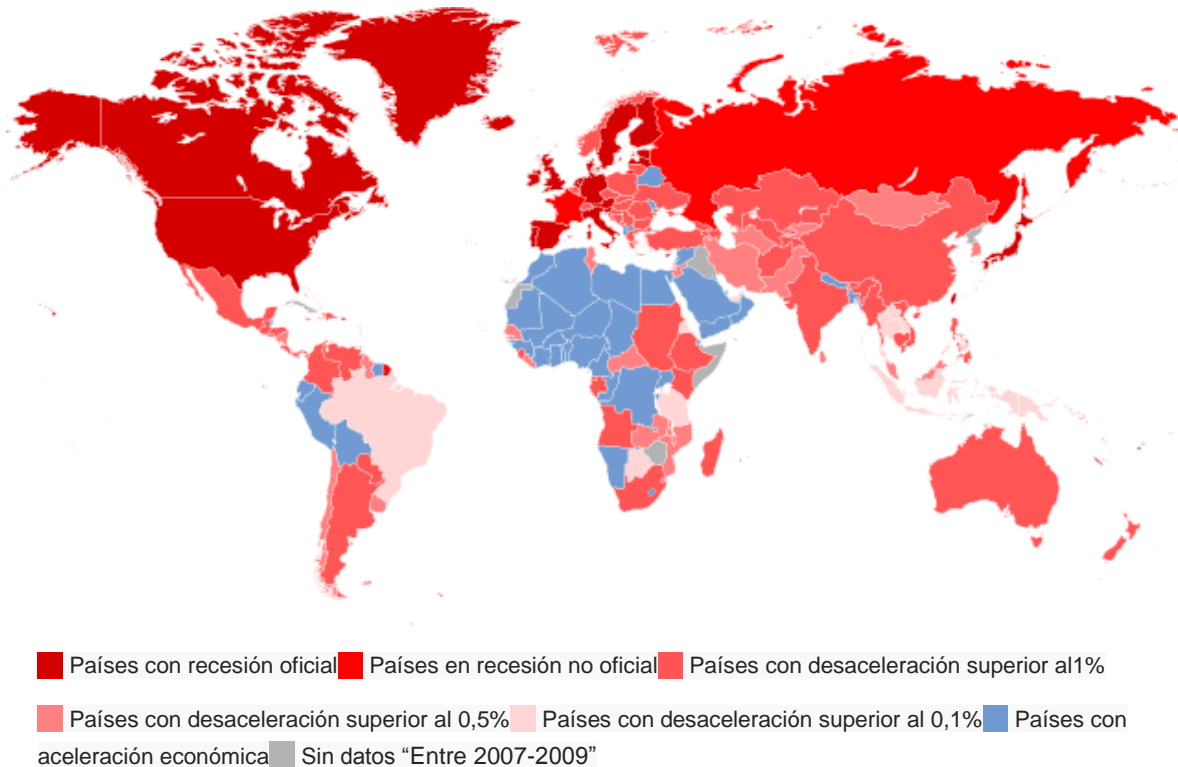


Figura 3.3.- Mapa mundial de la Gran recesión del 2008.

Fuente: Menegaz (2014).

Según corroboran las propias palabras de Sanahuja Perales (2009), Profesor de Relaciones Internacionales de la Universidad Complutense de Madrid, en *"Desequilibrios Globales: El Impacto de la Crisis en los Países en Desarrollo"*.

Aunque las opiniones sobre las consecuencias globales de la crisis financiera son dispares, son más que obvias las repercusiones económicas de inversiones en grandes obras de infraestructura subterránea en los países desarrollados, debido al carácter público de las instituciones involucradas además de los elevados costes de la misma.

Esto ha conducido a un estancamiento del mercado de túneles en los países desarrollados, ya que ha vivido un fuerte crecimiento en su etapa de desarrollo y tiende a estabilizarse o crecer moderadamente.

En la actualidad los cambios técnicos en esta industria son reducidos. Los segmentos y la competencia ya están correctamente definidos, ni se identifican más segmentos ni se incrementa la competencia, puesto que la cuota de mercado en esta fase es difícil de adquirir ya que el mercado está repartido, lo que supone que el crecimiento se hace a costa de los competidores que, como es lógico, lucharán por mantener su participación.

Así, la mayoría de las empresas empiezan dedicándose a un único mercado y durante la primera fase del proceso de expansión intentan estrategias de penetración de mercado que les permitan incrementar sus ventas. Cuando esto ya no es posible suelen recurrir a la expansión geográfica de sus mercados pretendiendo alcanzar mercados nacionales primero e internacionales después. A medida que aumenta su tamaño es más probable que inicien algún tipo de integración vertical, al poder garantizar consumos internos suficientes como para justificar esta estrategia. Generalmente, cuando el potencial de crecimiento por estas vías empieza a ser escaso es cuando se suelen plantear los procesos de diversificación o de entrada en nuevos negocios.

Así pues durante crisis económica mundial hay países que generan un índice de crecimiento que es lo que se denomina como economías emergentes. Como avalan las cifras de actividad económica del grupo empresarial Herrenknecht AG donde se registró más del 60% de la actividad en el continente asiático (Figura 3.4).



Figura 3.4.- Trabajadores en Herrenknecht AG por región.

Fuente: Herrenknecht (2014).

Aunque este tipo de diversificación también con lleva factores negativos tener en cuenta es el aumento de los costes por la complejidad organizativa. El alto crecimiento de Herrenknecht AG y VMT GmbH aprovechando el la etapa de desarrollo en el mercado de las estructuras subterráneas en todo el mundo, ha obligado a la creación de nuevas sucursales en diversos continentes aumentando considerablemente los costos operativos de la organización.

Por otra parte el diseño y manufactura de todos los productos comercializados mundialmente se sigue realizando en Alemania siguiendo los estándares de calidad que ha diferenciado la tecnología alemana por su fiabilidad, avalada con muchos años de experiencia y continua evolución. La parte negativa es que conlleva a incrementar

considerablemente los costes de transporte y por consiguiente a reducir el margen de beneficio por producto.

China es uno mercados emergentes y en desarrollo, se prevé un crecimiento económico para 2014 del 7,4% y para el año próximo, si bien las perspectivas siguen dependiendo en gran medida de la meta del gobierno, se proyecta que el crecimiento se moderará a 7,1%, conforme la economía vaya entrando en una trayectoria de crecimiento más sustentable.

Como se puede observar en la figura 3.5, del fondo monetario internacional la economías emergentes que sufrirán mayor crecimiento económico detrás del continente asiático, serán; Sudáfrica, Rusia, México y Brasil. En cuanto a las economías avanzadas el mayor crecimiento económico se registrara en; Estados unidos seguido Reino Unido y Canadá. Aunque hay muchos factores que pueden influenciar en el la oportunidad de negocio como la inestabilidad política del continente africano en principio estos serán los focos neurálgicos del desarrollo económico debido al mayor nivel adquisitivo.

	2012	2013	Proyecciones	
			2014	2015
Producto mundial	3.5	3.2	3.4	4.0
Economías avanzadas	1.4	1.3	1.8	2.4
Estados Unidos	2.8	1.9	1.7	3.0
Zona del euro	-0.7	-0.4	1.1	1.5
Alemania	0.9	0.5	1.9	1.7
Francia	0.3	0.3	0.7	1.4
Italia	-2.4	-1.9	0.3	1.1
España	-1.6	-1.2	1.2	1.6
Japón	1.4	1.5	1.6	1.1
Reino Unido	0.3	1.7	3.2	2.7
Canadá	1.7	2.0	2.2	2.4
Otras economías avanzadas	2.0	2.3	3.0	3.2
Economías de mercados emergentes y en desarrollo	5.1	4.7	4.6	5.2
Africa subsahariana	5.1	5.4	5.4	5.8
Sudáfrica	2.5	1.9	1.7	2.7
América Latina y el Caribe	2.9	2.6	2.0	2.6
Brasil	1.0	2.5	1.3	2.0
México	4.0	1.1	2.4	3.5
Comunidad de Estados Independientes	3.4	2.2	0.9	2.1
Rusia	3.4	1.3	0.2	1.0
Excluido Rusia	3.6	4.2	2.4	4.4
Economías emergentes y en desarrollo de Asia	6.7	6.6	6.4	6.7
China	7.7	7.7	7.4	7.1
India 3/	4.7	5.0	5.4	6.4
ASEAN-5 4/	6.2	5.2	4.6	5.6
Economías emergentes y en desarrollo de Europa	1.4	2.8	2.8	2.9
Oriente Medio, Norte de África, Afganistán y Pakistán	4.9	2.5	3.1	4.8

Figura 3.5.- Proyecciones de crecimiento económico mundial.

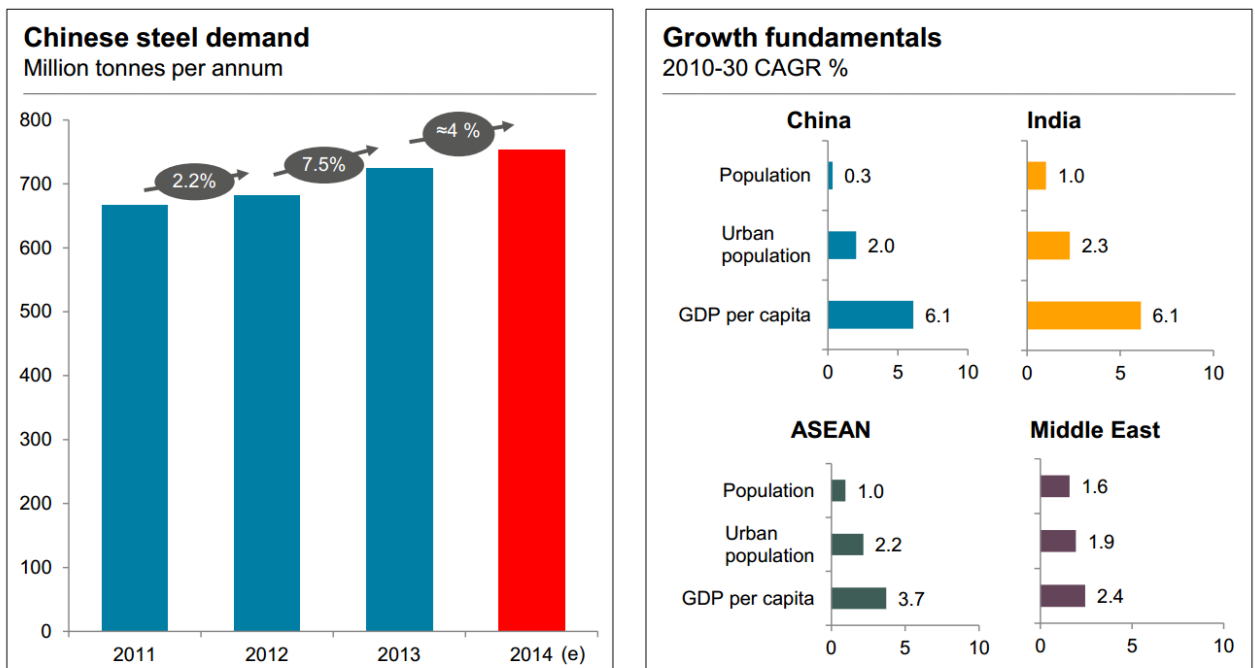
Fuente: Fondo Monetario Internacional (2014).

3.1 Minería

Con el fin de conseguir unos beneficios anuales, se deberían identificar las posibles oportunidades de negocio adyacente, luego la estrategia a seguir es la diversificación de la cartera de productos, búsqueda de nuevos mercados emergentes donde la tecnología actualmente desarrollada por la compañía puede tener su oportunidad comercial, la minería es un paso lógico debido al con un enorme potencial de esta industria que está inevitablemente ligada con el desarrollo de la humanidad desde el principio de los tiempos.

Durante los últimos años la incertidumbre económica mundial combinada con la agitación política ha proporcionado el sector minero con un ambiente volátil en el que la demanda de metales, los recursos naturales y las materias primas ha subido y bajado considerablemente.

En 2013 se ha visto esta tendencia y continuará, pero ha estado marcado por una desaceleración en el crecimiento de la economía china (Figura 3.6), lo que lleva a la demanda de muchos productos básicos caen dramáticamente y que causan la caída de



Source: China National Bureau of Statistics, CISA, Rio Tinto

Source: United Nations, Global Insight, Rio Tinto

precios.

Figura 3.6.- Crecimiento de la demanda de metales.

Fuente: Rio Tinto (2014).

Los costos han ido en aumento en el sector minero y estas presiones persisten, especialmente en mano de obra. El control y contención de costes son la clave de cara a la caída de los precios de las materias primas. Por otra parte, la presión del gobierno para aumentar los impuestos y regalías no está ayudando a una industria que lucha dentro de este entorno comercial difícil.

La Infraestructura y la cadena de suministro son cada vez más los factores importantes en el éxito o fracaso de los proyectos. Más a menudo que no, los depósitos se encuentran en zonas remotas y redes de transporte eficientes de carreteras y vías férreas, junto con las instalaciones portuarias son cruciales. En muchos de los países en

los que la minería es una industria básica, la infraestructura se ve limitada que aumenta el riesgo, limita el crecimiento y representa una carga para el desarrollo (Figura 3.7).

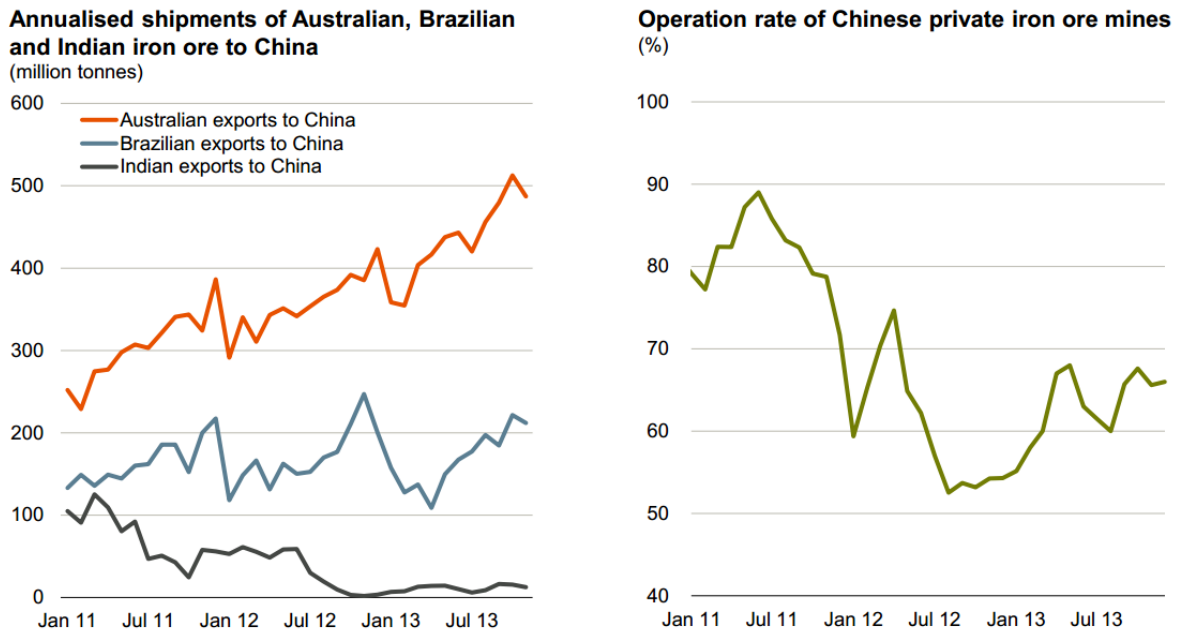


Figura 3.7.- Exportaciones a países emergentes.

Fuente: BHP Billition (2014).

A medida que el imperativo de la rentabilidad de las inversiones se mantiene sin cambios, la industria minera se enfrenta a un nuevo reto, ¿Cómo impulsar la productividad, reducir costos y aumentar la sostenibilidad de las operaciones?

Las empresas mineras innovadoras se dan cuenta de que las respuestas a corto plazo del pasado, despido de trabajadores, paradas de las minas para detener los gastos, no son las respuestas para el futuro. Ellos están mirando hacia las lecciones aprendidas en otras industrias que enfrentan estos mismos problemas de hace 20 años.

3.2 Tendencias del mercado tecnológico minero

Numerosos son los proyectos de desarrollo tecnológico iniciados por las grandes empresas mineras así como en grandes proyectos de cooperación internación que están impulsando la industria minera hacia una minería eficiente.

3.2.1 I2Mine

I2Mine (Tecnologías innovadoras y conceptos para la Mina Profunda Inteligente del Futuro) proyecto marca el inicio de una serie de actividades diseñadas para realizar el concepto de un invisible, minas con impacto cero. Se concentrará en el desarrollo de tecnologías adecuadas para las actividades mineras profundas.

El proyecto está fundado por la comisión europea y abarcará el desarrollo de nuevas técnicas para los métodos de ingeniería geológica y mecánica de rocas que serán demandados por las minas más profundas y la nueva tecnología. La atención se centrará en la explotación selectiva de nuevos sistemas basados en sensores para la detección de material, la detección de la capa límite y operaciones de clasificación. Aunque el objetivo general es el desarrollo de la maquinaria lo más autónomo posible, las operaciones a

distancia 100% no será factible. Esto significa que las cuestiones de salud y seguridad y las cuestiones relacionadas con el medio ambiente de trabajo también se abordarán. Además, las consecuencias y los impactos ambientales se tendrán en cuenta (Figura 3.8).

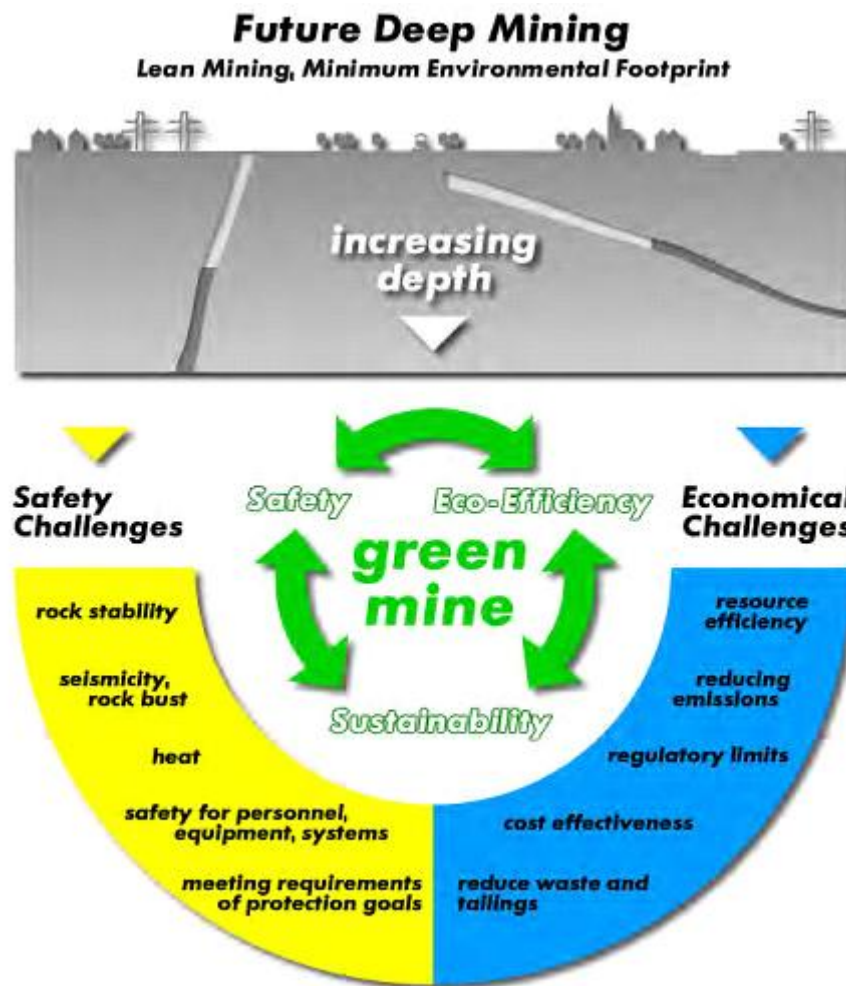


Figura 3.8.- Proyecto I2 Mine.

Fuente: BHP Billiton (2014).

El mercado de la minería, se enfrenta a nuevos retos tecnológicos debido a la que el yacimiento cada vez son más escasos e inaccesibles luego la necesidad de profundizar para acceder a estos recursos naturales encarece los procesos mineros y nace la necesidad de crear una minería más eficiente y dinámica ayudada por las nuevas tecnologías desarrolladas en distintas industrias o a desarrollar.

La necesidad de profundizar para llegar a los yacimientos más inaccesible, incrementara potencialmente los riesgos en seguridad y salud de los seres humanos trabajando ante estas condiciones aún se hará más notable la necesidad de desarrollar una grado de automatización y control con el fin de alejar lo máximo posible los recursos humanos de las labores de mayor riesgo.

La legislación minera en países desarrollados, obliga a garantizar las adecuadas condiciones y medidas de salud y seguridad durante la construcción y mientras la vida útil de la mina.

Además será necesario desarrollar protocolos y sistemas de evacuación más complejos para que puedan gestionar y garantizar una evacuación o un rescate en la complejidad de las infraestructuras mineras a grandes profundidades.

Por otro lado la preocupación ambiental creciente de los gobiernos y por ende la sociedad moderna se ha reflejado en la normativa reguladora de la protección del medio ambiente durante los procesos mineros así como la posterior restauración de los espacios naturales afectados por dichas explotaciones mineras.

La explotación de recursos mineros a mayores profundidades, generara un mayor volumen de movimiento de tierras inevitablemente así como mayores efectos en el medio ambiente circundante por lo que exigirá herramientas de control y eficiencia en las operaciones de restauración.

I2Mina se centrará en todo el ciclo de la minería con los siguientes objetivos:

- Conceptos para métodos innovadores de minería de depósitos profundos (empinadas y planos), lo que lleva a una mejor eficiencia de los recursos a través de las tasas de extracción más altas (20% y más), una mayor selectividad de extracción (10 a 20%), junto con una utilización de 20% de depósito superior como así como una mayor productividad y una disminución de los costes de producción en un 20%.
- Conceptos a medida para metro, cerca a cara de procesamiento para reducir el flujo de masa a la superficie en un 15 a 25%.
- Métodos de exploraciones en 3D de alta resolución para yacimientos profundos.
- Nuevos conceptos para la gestión de la mina para reducir los gastos operativos y los nuevos métodos para predecir, vigilar y controlar la subsidencia.
- Nuevos métodos para manejar desechos de roca bajo tierra y relleno de productos con características similares a la roca original.
- Diseños de nuevos criterios y directrices de Salud, para los nuevos conceptos y tecnologías desarrolladas.
- Conceptos para obtener condiciones climáticas limpias, seguras y cómodas en las labores subterráneas.
- Nuevos conceptos y tecnologías para el rescate de una mina profunda.
- Bases de datos en línea de para mejorar todos los aspectos ambientales asociados a los proyectos de minería de profundidad (gestión del agua, gestión de residuos, emisiones, hundimientos, etc.).

Con estas perspectivas de futuro desarrollo tecnológico en el mercado minero se abren las oportunidades comerciales a compañías, que puedan proveer:

- Rendimiento: tecnologías para mejorar la eficiencia de algún proceso minero.
- Fiabilidad: experiencia testada y documentada en grandes proyectos de ingeniería.
- Servicio ininterrumpido en cualquier parte del mundo.

3.2.2 AutoHaul™

Río Tinto Iron Ore Expansion Projects contratado a Calibre Global como empresa de Ingeniería y consultor de gestión de construcción para el proyecto AutoHaul™ en Australia Occidental, febrero de 2012 (Figura 3.9).



Figura 3.9.- AutoHaul™.

Fuente: Río Tinto Iron Ore Expansion Projects (2014).

Este proyecto es el mundo primero automatizados, de larga distancia, la red ferroviaria de transporte pesado y es un componente clave del Proyecto de Mejoramiento de la Capacidad de Río Tinto Iron Ore Rail (RCE).

La introducción de AutoHaul™ permitirá un aumento en las toneladas de mineral de hierro enviado a 353 millones de toneladas anuales a través de la reducción de los tiempos de ciclo de entrega de mineral, así como la mejora de la seguridad y la eficiencia de las operaciones ferroviarias en la línea principal. Esto se logrará a través de una estrategia de conducción optimizada, que se calcula por un bordo, predicción, simulación tren dinámico.

Las Metas del proyecto AutoHaul™ incluyen:

- Sistemas de a bordo integrado en locomotoras.
- Mejoras a la red de datos Tinto Río (RTDN).
- Señalización adicional en la carga fuera puntos patio de transferencia.
- Mejora del sistemas de protección de activos.
- Protección adicional del paso a nivel.
- Estaciones de trabajo modificados en el Centro de Operaciones.

La finalización del programa AutoHaul™ se prevé en tres fases para el año 2015.

3.2.3 Continuous Miner automation

CSIRO es la Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth, es la agencia científica nacional de Australia y uno de los organismos de investigación más grandes y diversos del mundo, está trabajando en el desarrollo de la navegación y la automatización del proceso de minería de tajo largo desde 2008-2009 hasta la actualidad, con el apoyo del Programa de Asociación Australiana de Investigación del Carbón (ACARP) y el gigante brasileño VALE (Figura 3.10).

Principales etapas del proyecto

- Etapa 1: Análisis de Requerimientos y plan de trabajo de automatización.
- Etapa 2: Desarrollo de sensores de Navegación.
- Etapa 3: Comunicaciones abiertas y la interoperabilidad.
- Etapa 4: Navegación y Control del Desarrollo del Sistema.
- Etapa 5: Planificación de las herramientas de desarrollo.
- Etapa 6: Pruebas de campo.

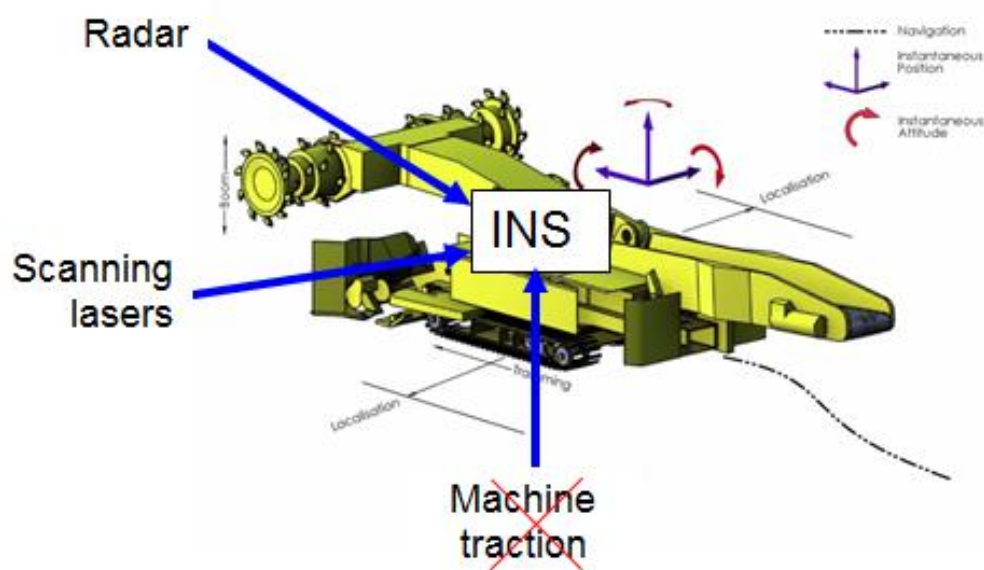


Figura 3.10.- Sketch de navegación inercial.

Fuente: CSIRO (2014).

Metas a conseguir

- Demostración de la solución práctica de navegación inercial de orientación para proporcionar la posición 3D exacta y actitud.
- Evaluación de la tecnología de localización.
- Las especificaciones para las interfaces de datos estándar de la industria CM para apoyar la automatización métodos de transporte y soporte con pernos y malla.
- Demostración de la plataforma de control de la navegación y orientación automatizada e inteligente y la gestión del ciclo.
- Demostración del sistema integrado en una mina.

- Demostración práctica de todo el sistema en condiciones prácticas controladas.

3.2.4 Operaciones mineras remotas

Este concepto de operación a distancia que contempla el Nuevo Nivel Mina de El Teniente, desarrollará, además, otras innovaciones tecnológicas que cambiarán la forma de hacer minería. La automatización de la producción, traerá consigo mejoras sustanciales a las condiciones de trabajo del personal propio y de las empresas contratistas.



Figura 3.11.- Salas de control de remoto de maquinaria.

Fuente: Codelco (2014).

Modernas salas de control de operación minera remota (Figura 3.11), equipos teledirigidos a distancia, trenes autónomos, circuitos cerrados de ventilación y sistemas de control de incendio de la mina monitoreados desde cualquier lugar, operadores de palas y martillos que manejan sus máquinas sentados en el sillón de un centro evitando así. Eso y más es la nueva forma de hacer minería subterránea, la misma que tendrá a la División El Teniente como líder y pionero a nivel mundial.

Las principales obras de este nuevo nivel de explotación son:

- Nuevo nivel de explotación de la mina (niveles de hundimiento, producción, ventilación, acarreo, drenaje e instalación de tres machacadoras giratorias).
- Camino de acceso entre de aproximadamente 17 kilómetros de longitud.
- Dos túneles de 9 kilómetros para transporte de mineral y acceso de personal, entre la plataforma.
- Instalaciones para el transporte y acopio de mineral.
- Sistema de manejo de aguas.
- Instalaciones e infraestructura auxiliar.

En este contexto de revolución tecnológica, enfocada a la automatización, control de todos los procesos mineros se abre una puerta enorme a todos los proveedores con la experiencia tecnológica adecuada que puedan dar soluciones para crear una minería más eficiente.

4 VMT GmbH

VMT es un proveedor líder en sistemas de navegación, comunicaciones y procesamiento de datos en túneles, así como un socio mundial reconocido en el campo de la medición industrial.

Con más de 1.000 proyectos (Figura 4.1, enlace: <http://vmt-gmbh.de/referenzen/>) completados con éxito proporcionan una prueba irrefutable del rendimiento del catálogo de productos y servicios creados por VMT de manera integral dando soporte a todas las partes que intervienen en cada fase de un proyecto.



Figura 4.1.- Localización de proyectos realizados por VMT GmbH.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Seguridad y eficiencia en túneles requieren máxima precisión y la gestión de procesos óptima. Las empresas de construcción utilizan productos de VMT para crear túneles y pozos de cualquier tamaño y para diversas aplicaciones de infraestructura o minería.

Los sistemas de navegación para tuneladoras, así como las innovadoras soluciones de redes para las comunicaciones, la información y el monitoreo juegan un papel clave en este campo. Estos sistemas son modulares por lo que se pueden usar por separado, están diseñados para ser dispuestos según sea necesario para crear completas suites en el seguimiento y control de logística de los procesos técnicos (Figura 4.2).

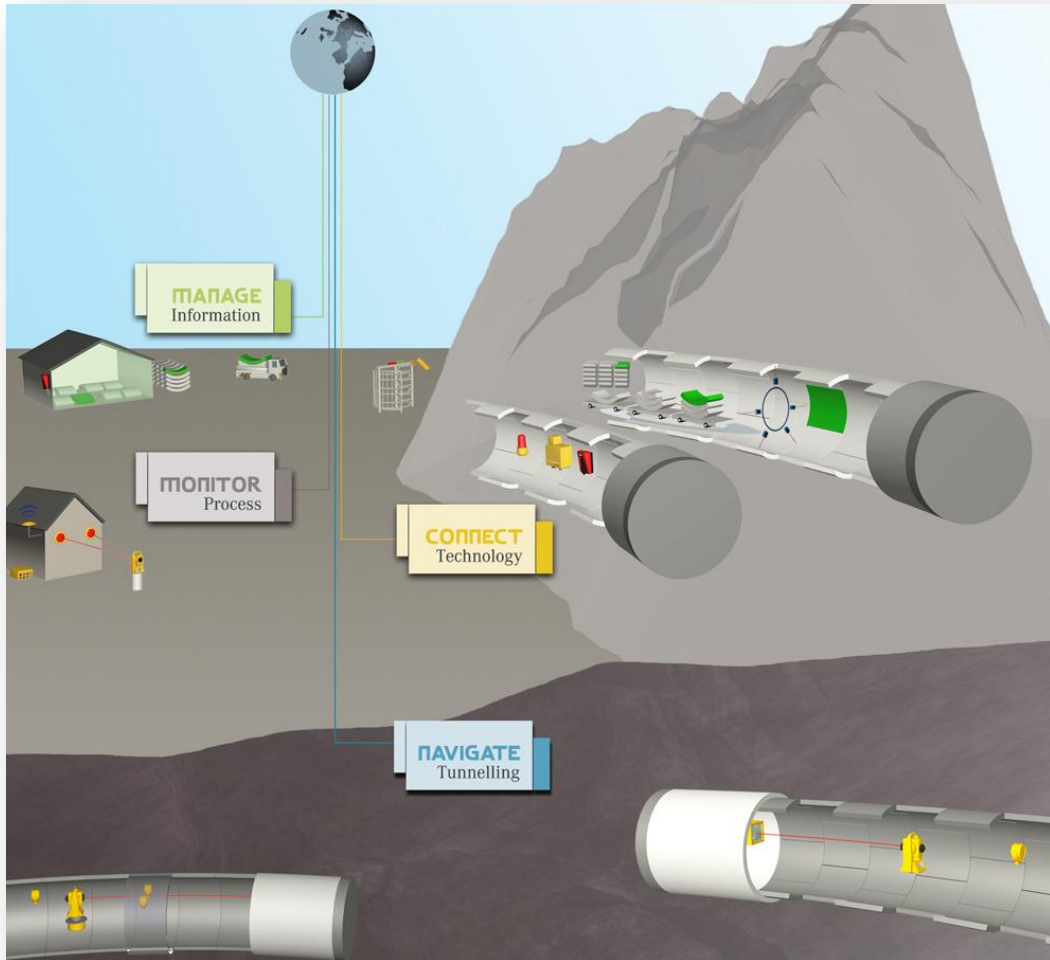


Figura 4.2.- Rango de servicios cubiertos por el catálogo de productos de VMT GmbH.

Fuente: VMT GmbH (2014).

En el campo de la medición industrial, VMT diseña conceptos y proporciona equipos para procesos de fabricación que requieren la más alta precisión. La experiencia de los especialistas de VMT y equipos altamente sofisticados para la medición de metrología basados en láser que garantiza un funcionamiento correcto y fiabilidad, en piezas de trabajo individuales, así como para líneas de montaje completas.

VMT GmbH con sede en Bruchsal (sur de Alemania) y filiales en Shanghai, Seattle, Melbourne y Moscú es un socio en el Grupo Herrenknecht, el líder mundial en túneles mecanizada. Con más de 200 empleados a nivel mundial, VMT Grupo gana ventas anuales de 29 Millones de euros.

VMT GmbH es una sociedad limitada creada el 4 de abril de 1994 por Manfred Messing propietario, junto con Herrenknecht AG.

Herrenknecht AG, es una sociedad anónima, fundada en 1977, es el proveedor líder de soluciones técnicas integrales en la excavación mecanizada de túneles (Figura 4.3), para todos los diámetros, en todas las geologías y en todas las áreas de aplicación como; ferrocarril, metro, carreteras, servicios públicos, las tuberías, la energía hidroeléctrica, la minería y la exploración.



Figura 4.3.- Vista posterior de cabeza de corte de una tuneladora.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Herrenknecht es una empresa familiar que profesionalmente ha conseguido un éxito mundial. Líder global de mercado que ofrece una gama completa de la tecnología de túneles mecanizada, los equipos asociados y servicios integrales. Sobre esta base, se beneficia de un mercado de futuro que se sustenta en la mega tendencia de la urbanización, el crecimiento demográfico y la protección del clima.

In million Euro	2013	2012	2011	2010	2009
Total output	1,027	1,135	1,104	952	953
Sales	1,051	1,147	1,017	935	866
Order inflow	1,082	1,051	1,143	916	908
Number of staff at the end of the year *	4,574	4,837	5,119	3,915	3,729
Number of trainees at the end of the year	203	231	246	239	231

Figura 4.4.- Tabla de crecimiento de empresa Herrenknecht AG en los últimos 5 años.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El Grupo, con sede en Schwanau, que actúa como sociedad matriz de 78 filiales y empresas asociadas que están asentadas en distintas partes del mundo cuenta con cerca de 5.000 empleados. La empresa goza de una posición estable (Figura 4.4) así como una política de crecimiento y adaptabilidad a nuevos retos que garantizaran la prosperidad en el futuro.

VMT GmbH nació como una pequeña oficina topográfica que ante la continua evolución de la tecnología aplicada a las máquinas tuneladoras y aquel momento el creciente mercado de los túneles dio soluciones a los requerimientos de un sistema de guiado automatizado que pudiese proveer la información necesaria para que el operador pueda posicionar la tuneladora durante el avance siguiendo alineamiento diseñado para cada túnel con la suficiente precisión y en consonancia con las capacidades mecánicas de mecánicas de las tuneladoras.

De esta forma siguiendo la estela de empresarial de Herrenknecht AG, VMT GmbH ha participado satisfactoriamente en miles de proyectos en todo el mundo, desarrollando nuevas tecnologías en los sistemas de navegación así como ampliando su catálogo de productos y servicios convirtiéndose en un proveedor de servicios topográficos, tecnológicos e informáticos en la construcción de túneles.

La empresa ha tenido un crecimiento muy rápido en los últimos años y goza de una situación estable y de continuo crecimiento en el mercado y una política de trabajo dinámica y muy adaptativa a los requerimientos del mercado.

VMT GmbH ha diversificado su actividad comercial hacia la industria de las mediciones industriales siendo esta la segunda mayor actividad comercial de la empresa así como en la programación y desarrollo de los sistemas informáticos junto con la empresa ITC engineering subsidiaria de VMT GmbH, para la gestión desarrollo y control de procesos en grandes obras de ingeniería en el sector de infraestructuras.

La última diversificación comercial siguiendo las decisiones empresariales tomadas por Herrenknecht AG ha sido un giro hacia el mercado de la minería y es donde se enfocará este estudio y mi trabajo.

4.1 Análisis DAFO

Como método de análisis de la situación de la empresa voy a utilizar un análisis DAFO, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) ya que es una herramienta para conocer la situación real en la que se encuentra la organización y planificar una estrategia de futuro.

Este recurso fue creado a principios de la década de los setenta y produjo una revolución en el campo de la estrategia empresarial. El objetivo del análisis DAFO es determinar las ventajas competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica a emplear por la misma que más le convenga en función de sus características propias y de las del mercado en que se mueve.

Análisis externo

La organización no existe ni puede existir fuera de un entorno, fuera de ese entorno que le rodea de esta forma el análisis externo permite fijar las oportunidades y amenazas que el contexto puede presentarle a una organización.

Análisis interno

Los elementos internos que se deben analizar durante el análisis DAFO corresponden a las fortalezas y debilidades que se tienen respecto a la disponibilidad de recursos de capital, personal, activos, calidad de producto, estructura interna y de mercado, percepción de los consumidores, entre otros.

El análisis interno permite fijar las fortalezas y debilidades de la organización, realizando un estudio que permite conocer la cantidad y calidad de los recursos y procesos con que cuenta el ente.

4.2 Análisis DAFO en el mercado de los túneles

Como la intención de este documento es estudiar el potencial de la empresa VMT GmbH en el mercado de la minería, me ha parecido conveniente realizar un análisis DAFO de la empresa con los mismo interrogantes y distintos mercados, para así tener un punto de referencia neutro en el que se puedan comparar las distintas situaciones.

Fortalezas	Peso
Marketing Efectivo	4
Personal Experimentado	8
Alianzas de Negocios	8
Cadena de Distribución	9
Plantas y Equipamiento	9
Ubicación Geográfica	9
Poder de decision en Filiales	8
Estado Financiero	9
Costos	9
Posicionamiento en el Mercado	9
Liderazgo en un Nicho de Mercado	8
Operaciones Internacionales	9
Relación con los Proveedores	9
Cuota del Mercado	8
Reputación	9
Base de Clientes	7
Calidad de Productos/Servicios	7
Competencia en la misma Categoría	7
Marcas	7
Liderazgo en el Mercado	7
Innovación de Productos/Servicios	7
Precio Competitivo	7
Presencia Online	5
Originalidad de Productos/Servicios	5
Total	184

Figura 4.5.- Fortalezas en el mercado de los túneles.

Fuente: Elaboración propia (2014).

Debilidades	Peso
Propiedad de Patentes/Tecnologías	5
Total	5

Figura 4.6.- Debilidades en el mercado de los túneles.

Fuente: Elaboración propia (2014).

Como se puede observar en el análisis interno de la empresa (Figuras 4.5 y 4.6), son muchos los puntos fuertes de la empresa, como avala su liderazgo en su sector de mercado. Nacida en el momento de álgido del mercado de los túneles ha sabido desarrollar las soluciones tecnológicas adecuadas así como las alianzas estratégicas convenientes para garantizar su liderazgo y evolución. Por lo que ahora ya tiene su cartera de clientes asegurada, posición privilegiada en el mercado, así como el personal cualificado e instalaciones.

Oportunidades	Peso
Tendencia de cremiento	6
Adquisición de Empresa Proveedora de Tecnología	6
Contacto para Exportar a China	9
Calidad	7
Préstamos a Tasas Bajas	7
Competidor A y B se fusionaron	6
Oportunidad de Internacionalización	7
Desarrollo tecnologico	3
Innovación de la competencia	4
Preocupación Medioambiental	4
Oportunidad de negocio	4
Fiabilidad	5
Posibilidad de Financiamiento	5
Depresión de los Mercados Bursátiles a Nivel Mundial	4
Contactos	3
Nivel de evolución	2
Tasa de crecimiento	2
Contacto Directo	2
Total	86

Figura 4.7.- Oportunidades en el mercado de los túneles.

Fuente: Elaboración propia (2014)

Las oportunidades externas (Figura 4.7) son muchas debido a que la empresa ya tiene una tasa de mercado importante y goza de una situación económica estable, que le permite invertir en el continuo desarrollo así como en otras actividades comerciales.

Amenazas		Peso
Mercado de precios		4
Precio		3
Feedback		3
Monopolio en la Provisión de Materia Prima		2
Capacidad de decision		1
Total		13

Figura 4.8.- Amenazas en el mercado de los túneles.

Fuente: Elaboración propia (2014).

Por otro lado el rápido crecimiento de la empresa también ha desencadenado un aumento de los costes de la empresa lo que genera una menor competitividad de precio en un mercado internacional de precios a la baja.

También al aumentar el tamaño de empresa la misma empresa va perdiendo contacto con el consumidor lo que en cierta medida se traduce en pérdida del conocimiento adquirido en obra (Figura 4.8), por lo que se deben destinar recursos específicamente a este propósito.

Con este análisis externo e interno de la empresa tendremos la siguiente situación en la matriz de Amenazas, la cual se corresponde con la matriz de una empresa líder en un mercado de recesión económica (Figura 4.9).

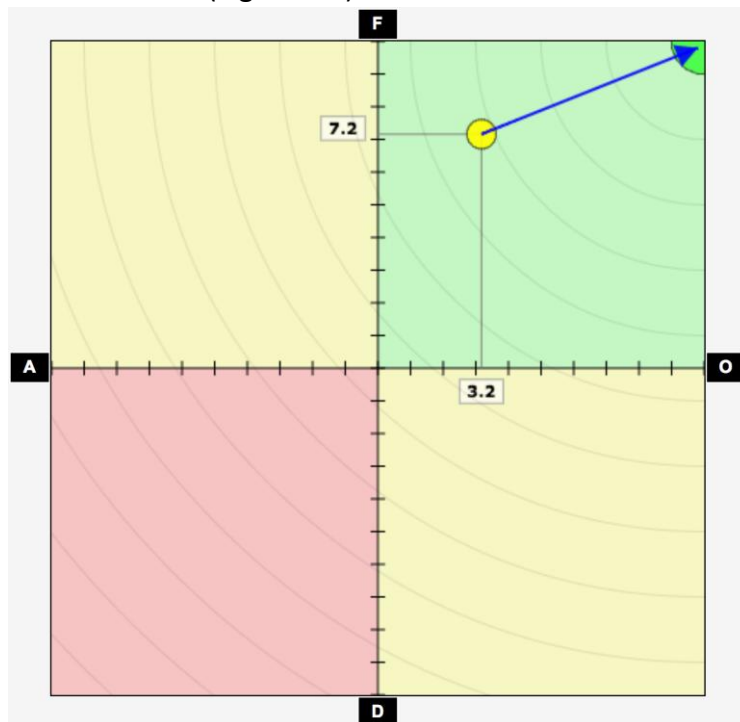


Figura 4.9.- Matriz DAFO en el mercado de los túneles.

Fuente: Elaboración propia (2014).

4.3 Análisis DAFO en el mercado de la minería

En el análisis DAFO de la empresa en el mercado de la minería se tendrán en cuenta la actividad minera llevada a cabo actualmente por mediación de la empresa matriz Herrenknecht AG que aunque no es el propósito explícito de este estudio es un factor determinante a la hora de medir y analizar la situación interna de la empresa así como la relación con el mercado correspondiente, en este caso el mercado de la minería.

Fortalezas	Peso
Innovación de Productos/Servicios	2
Estado Financiero	3
Costos	3
Cadena de Distribución	9
Plantas y Equipamiento	8
Ubicación Geográfica	6
Operaciones Internacionales	9
Relación con los Proveedores	5
Originalidad de Productos/Servicios	5
Calidad de Productos/Servicios	3
Poder de decisión en Filiales	2
Reputación	1
Alianzas de Negocios	1
Personal Experimentado	1
Total	58

Debilidades	Peso
Cuota del Mercado	9
Marketing Efectivo	8
Presencia Online	8
Posicionamiento en el Mercado	8
Liderazgo en el Mercado	6
Propiedad de Patentes/Tecnologías	5
Liderazgo en un Nicho de Mercado	4
Competencia en la misma Categoría	3
Base de Clientes	2
Marcas	1
Total	54

Figura 4.10.- Matriz DAFO en el mercado minero.

Fuente: Elaboración propia (2014).

En este caso el análisis (Figura 4.10) lanza un balance más igualado de las fortalezas y debilidades internas de la empresa como era de esperar en una reciente diversificación de mercado y una actividad comercial iniciada en la empresa hace dos años.

Con lo que respecta al análisis interno en el mercado de los túneles aún se conservan fortalezas propias de la naturaleza de la empresa aunque debido a la poca experiencia y la pequeña presencia en el mercado el peso de las mismas disminuye considerablemente.

Por otro lado en mayor peso en las debilidades internas recaen principalmente por el inexistente esfuerzo de la empresa para captar clientes fuera de la relación con la empresa matriz.

Oportunidades		Peso
Mercado de precios		5
Contacto para Exportar a China		9
Oportunidad de negocio		2
Préstamos a Tasas Bajas		5
Adaptabilidad a leyes y normativas		7
Posibilidad de Financiamiento		5
Oportunidad de Internacionalización		7
Tendencia de crecimiento		6
Depresión de los Mercados Bursátiles a Nivel Mundial		5
Preocupación Medioambiental		7
Adaptabilidad		4
Capacidad de decision del Consumidor		4
Desarrollo tecnologico		3
Contactos		3
Tasa de crecimiento		1
Nivel de evolución		1
Total		74

Amenazas		Peso
Fiabilidad		8
Adquisición de Empresa Proveedora de Tecnología		7
Contacto Directo con el Consumidor		7
Feedback del Consumidor		6
Competidor A y B se fusionaron		4
Monopolio en la Provisión de Materia Prima		4
Precio		3
Innovación de la competencia		2
Total		42

Figura 4.11.- Oportunidades y amenazas DAFO en el mercado minero.

Fuente: Elaboración propia (2014).

Debido a que la estructura de empresa (Figura 4.11) está desarrollada y es perfectamente compatible así como la internalización de la misma y la presencia en los potenciales mercados así como la capacidad de autofinanciación el peso de las oportunidades es bastante mayor que el de las amenazas.

Las amenazas (Figura 4.12) tienen un peso aceptable en un nuevo negocio donde el conocimiento del mercado es pequeño y la tecnología no se desarrolla en contacto con el consumidor.

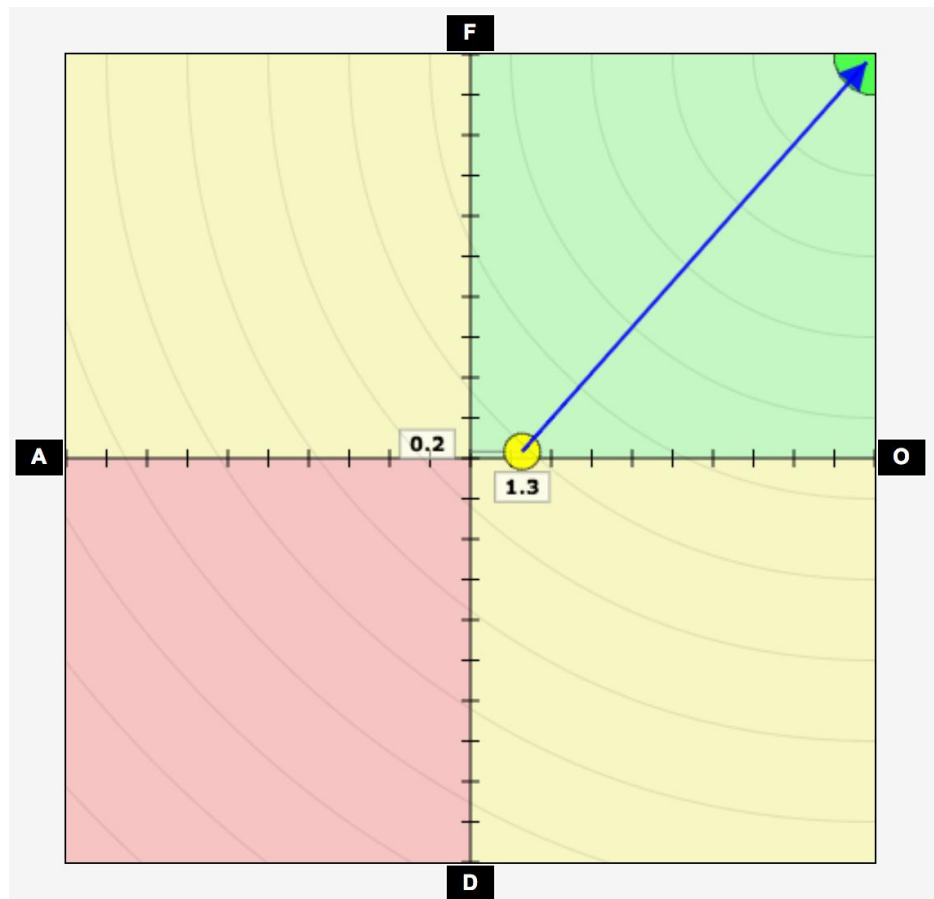


Figura 4.12- Matriz en el mercado minero.

Fuente: Elaboración propia (2014).

El gráfico muestra el promedio de los factores para el eje de debilidades y fortalezas en el eje vertical así como amenazas y oportunidades en el eje horizontal. La flecha azul muestra el vector estratégico hacia la situación óptima.

Por lo que se puede observar la situación es positiva ya que se predominan las fortalezas y oportunidades además de mostrar cual sería el camino a seguir para la futura evolución de la empresa hacia la situación óptima en el mercado de la minería.

5 Catálogo de producto de VMT GmbH

5.1 Sistemas de guiado y navegación

5.1.1 Tuneladoras

5.1.1.1 Descripción

TUnIS Navigation TBMLaser (Figura 5.1) es un sistema de navegación para escudos de presión de tierras (EPB), tuneladoras mixtas y tuneladoras de roca dura. El sistema de navegación determina la posición actual del avance sobre la base de una estación total y de una tablilla de mira instalada en el escudo de la tuneladora.

TUnIS Navigation TBMLaser determina y calcula todos los datos e información necesarios para la navegación de la tuneladora a lo largo del eje del túnel. El sistema ofrece además una documentación completa de la marcha del escudo en una base de datos. A partir de esta base de datos pueden prepararse datos, por ejemplo, en protocolos, exportaciones de datos (CSV, XLSX) o similares.

Durante el avance de la tuneladora se vuelve a calcular la posición de todas las partes de la máquina continuamente. La posición en el espacio con respecto al eje del túnel se representa numérica y gráficamente.

El software del sistema funciona en un ordenador industrial basado en Windows. El acceso al módulo o a la función está controlado a través de una gestión de usuarios.

Todos los componentes de hardware están concebidos para el exigente empleo en el túnel. Un rayo láser visible (clase 3R) entre la estación total y la tablilla de mira se emplea para calcular la dirección horizontal de los escudos.

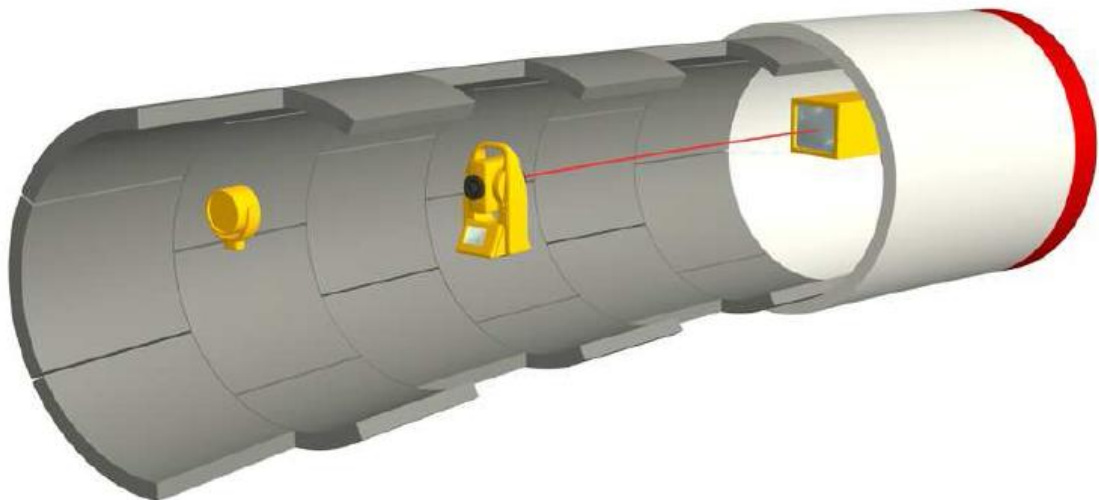


Figura 5.1.- Vista del sistema Tunis Navigation TBM laser.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El elevado contenido informativo de los datos mostrados garantiza un control óptimo de la posición de la máquina para mantener una marcha regular del escudo con desviaciones reducidas con respecto al eje del túnel. Se le muestra continuamente al

conductor del escudo la posición y las tendencias. De este modo puede efectuarse de manera fácil y precisa un control de las curvas verticales y horizontales.

Un hardware robusto y adecuado para los túneles y un software de fácil manejo con una memorización duradera de todos los datos geométricos de avance garantizan un primer aprendizaje y un manejo rápido y sencillo del sistema.

5.1.1.2 *Funcionamiento*

En la tuneladora se monta fijamente una tablilla de mira como sistema de referencia de la situación. La posición de la tablilla de mira al eje de la máquina se determina durante la puesta en funcionamiento mediante una medición.

Directamente debajo de la tablilla de mira se ha colocado un prisma para la medición electrónica de la distancia de una estación total.

En la longitud total de todos los remolques de la tuneladora tiene que dejarse libre una así llamada ventana del láser para el sistema de navegación. La estación total motorizada del sistema de navegación se sujeta dentro de la ventana del láser en la pared del túnel y está fija durante varios avances.

La estación total está equipada con un reconocimiento automático del blanco (ATR) y un láser de diodos excéntrico hacia el eje de colimación.

El punto de partida para la determinación de la posición de la tuneladora son dos puntos conocidos en el sistema de coordenadas global (este, norte, altura). En un punto, desde el cual tiene que haber conexión visual hacia la tablilla de mira activa, se encuentra la estación total.

Mediante el segundo punto conocido (punto de orientación) se determina la orientación y, con ello, puede establecerse la dirección del avance.

Mediante la medición de la distancia y del ángulo al prisma en la tablilla de mira se determinan las coordenadas globales del centro de la tablilla de mira teniendo en cuenta sus cotas de montaje. El rayo láser de la estación total se orienta automáticamente hacia la tablilla de mira tras haber efectuado la medición de la distancia y del ángulo. La tablilla de mira puede calcular el ángulo de incidencia del láser. Mediante el ángulo de refracción medido entre el punto de orientación a la tablilla de mira y el ángulo de incidencia se calcula la dirección de la tuneladora al eje del túnel.

La rodadura y la inclinación longitudinal del escudo se miden con el inclinómetro de dos ejes externo integrado en la tablilla de mira.

Todos los datos brutos se transmiten al ordenador industrial en el cuadro de control. Allí se calcula la posición exacta de la tuneladora en el espacio mediante transformaciones en el software del sistema de navegación.

Para ello se definen las partes de la máquina mediante puntos y se visualizan sus desviaciones al eje del túnel de manera gráfica y numérica.

5.1.1.3 *Hardware*

Todos los componentes están incorporados con asiduidad en las tuneladoras que se encuentran en uso, han sido comprobados y se han acreditado bajo las condiciones ambientales especiales de muchos proyectos de túneles.

La tablilla de mira ALTU (Figura 5.2) está unida fijamente al escudo de la tuneladora. La ALTU sirve para calcular el ángulo de incidencia, la rodadura y la inclinación longitudinal. La inclinación longitudinal y la rodadura se calculan mediante un inclinómetro interno de dos ejes.



Figura 5.2.- Hardware 1.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El ángulo de incidencia se calcula mediante el rayo láser de la estación total que se presenta en la tablilla de mira con la ayuda de cámaras CCD y un sistema de lentes especial.

La caja de distribución (Figura 5.2) aporta el suministro de corriente a cada uno de los componentes del sistema y regula la transferencia de datos entre cada uno de los componentes y el ordenador industrial del sistema de navegación.



Figura 5.3.- Hardware 2.

Fuente: VMT GmbH (2014).

La estación total con láser integrado (Figura 5.3) y reconocimiento automático del diana (ATR) es un instrumento servo motorizado para la medición de distancias geométricas, direcciones horizontales y ángulos cenitales.

Ordenador industrial (Figura 5.3) en el cuadro de control de la tuneladora o bien en el contenedor de control que recoge, valora y memoriza todos los datos relevantes. Los resultados se representan en la pantalla de forma numérica y gráfica, y se guardan en tablas de la base de datos para su procesamiento (documentación).

Un módem de radio (Figura 5.3) para la comunicación de datos inalámbrica entre la estación total fija y los componentes móviles del sistema de navegación en la tuneladora. La unidad de radio módem en la estación total está equipada con una pila interna que proporciona un suministro de corriente de media hora.

5.1.1.4 Software

Los módulos del sistema de navegación están integrados en la plataforma de software TUNIS. Los módulos se encargan del registro y la valoración de todos los valores de medición geoméricamente relevantes y vigilan los sensores y los componentes conectados.

- Registro de los valores de medición actuales de los componentes conectados (tablilla de mira, estación total, PLC).
- Registro de los datos de medición actuales de la estación total (distancias, direcciones, nivelaciones).
- Transferencia de las órdenes de control a la estación total.
- Cálculo de la orientación de la estación total.
- Registro de las extensiones del cilindro (unión al PLC o registro externo).
- Memorización y procesamiento de los resultados para la indicación de la posición, para la documentación y para el análisis de los datos.



Figura 5.4.- Modulo de Navegación.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.1.1.4.1 Modulos

El módulo "**Navegación**" (Figura 5.4) visualiza permanentemente la posición actual de la tuneladora. Los datos se representan esquemáticamente y de modo que sea fácil de comprender como desviaciones horizontales y verticales al eje del túnel. El punto kilométrico actual, la indicación de las tendencias horizontales y verticales, así como la inclinación longitudinal y la rodadura completan la información principal para el conductor del escudo. De este modo se obtiene el control óptimo sobre los movimientos de control necesarios.

El módulo "**Mapa**" (Figura 5.5) visualiza la tuneladora en una vista en planta o en una vista lateral. Como fondo de imagen pueden servir, por ejemplo, fotografías aéreas o de satélites, así como dibujos. De este modo existe la posibilidad de visualizar el progreso del proyecto en vistas configurables y de reconocer gráficamente las situaciones críticas del proyecto.

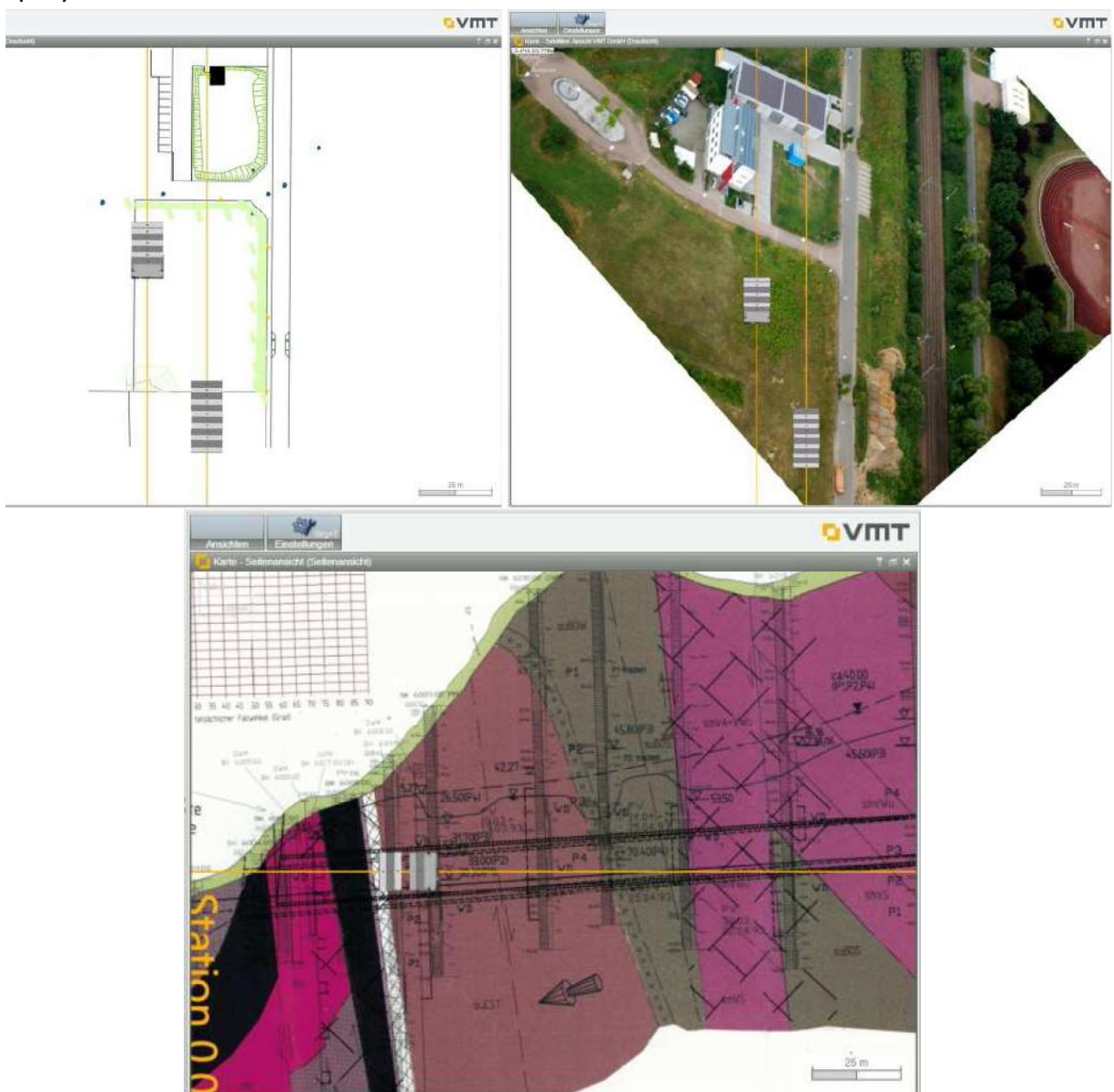


Figura 5.5.- Gráficos vectoriales (DWG) como fondo de imagen & gráficos rasterizados.

Fuente: VMT GmbH (2014).

- Gráficos rasterizados (JPG, PNG, BMP, etc.) como fondo de imagen.
- Gráficos vectoriales (DWG, DXF) como fondo de imagen.
- Visualización de la posición actual de la tuneladora.
- Visualización de los anillos montados (en combinación con el producto TUNIS Secuenciación de anillos).
- Indicación de diferentes vistas (configurables libremente) (vistas en planta y vistas laterales).

Los módulos "**Diagrama de línea de referencia**" e "**Historial de navegación**" (Figura 5.6) hacen posible la visualización y el análisis de la marcha del escudo para la distancia ya recorrida.

El diagrama de línea de referencia muestra para ello todas las posiciones de todos los componentes de la máquina incluida la de la cola del escudo. De este modo existe la posibilidad de reconocer desviaciones de los componentes de la máquina y de reaccionar en lo que respecta al control y a la selección del anillo.

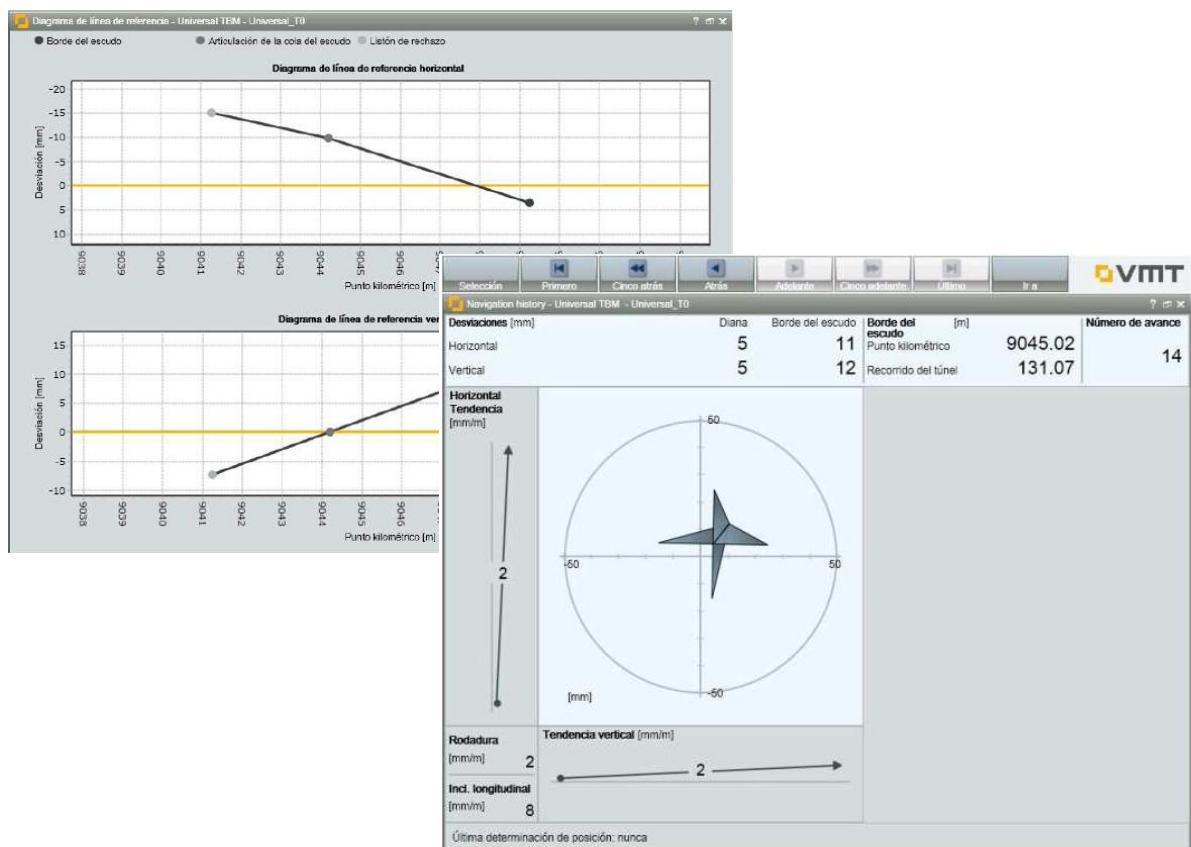


Figura 5.6.- Diagrama de desviaciones e historial de navegación.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Todos los valores relevantes del proyecto son introducidos mediante el módulo "**Configuración del sistema**" (Figura 5.7). Entre ellos se encuentran:

- La geometría de la máquina (longitud, diámetro, posiciones del cilindro, rodamientos de articulación, etc.).
- Los parámetros de la tablilla de mira (dirección y posición con respecto al eje de la tuneladora).

- Los parámetros de comunicación de los sensores conectados.
- Las coordenadas y los valores límites.



Figura 5.7.- Configuración del sistema.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El eje del túnel se configura en el módulo "Trazado" (Figura 5.8). Para ello se introduce la traza, con la ayuda del punto inicial conocido y de la dirección de partida conocida, a modo de elemento (longitud del elemento y radio).

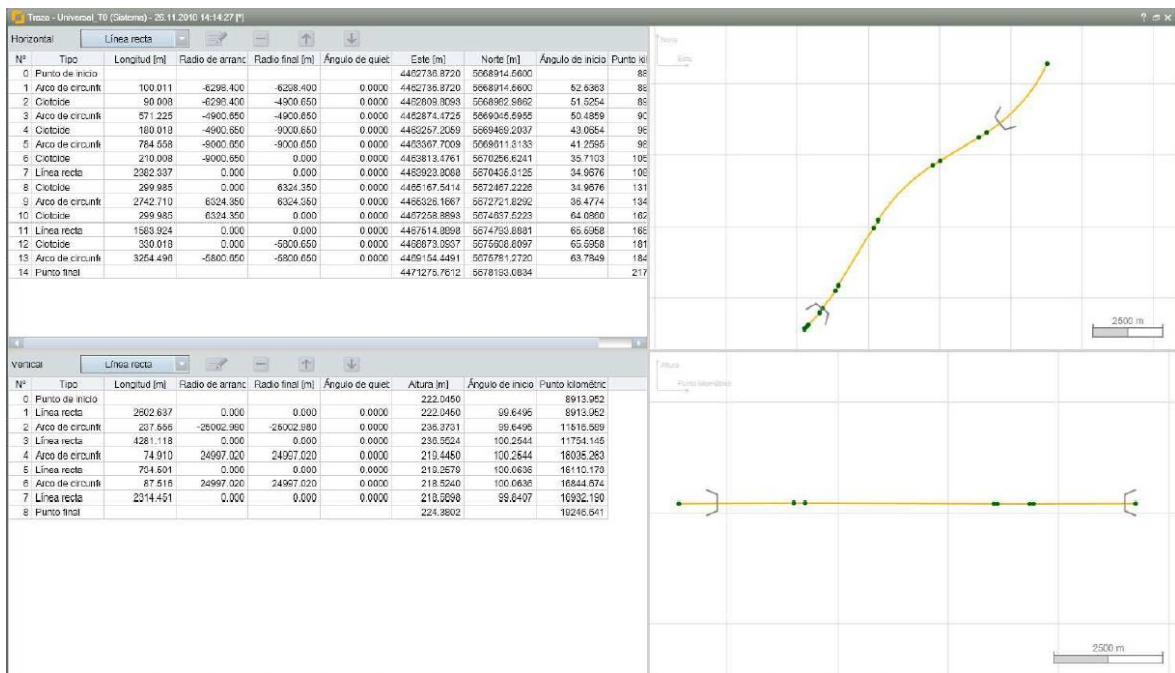


Figura 5.8.- Modulo de trazado.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Si es necesario, pueden configurarse puntos excéntricos del eje del túnel a los elementos de la traza para, por ejemplo, calcular las coordenadas del eje del túnel planeado con respecto a un eje de vía planeado. De modo opcional, también puede importarse al sistema una lista de puntos con coordenadas globales.

El módulo "Protocolos" (Figura 5.9) hace posible la creación de protocolos estándares a partir de los datos de navegación guardados en la base de datos.

El módulo ofrece para cada protocolo la posibilidad de visualizarlo previamente, imprimirlo o guardarlo en formato PDF.

Para el usuario están disponibles distintos protocolos que contribuyen a fines de documentación y al control de calidad:

- Protocolo de navegación (fecha, posición de la tuneladora incluidos todos los datos relevantes).
- Protocolo de control de dirección (fecha, coordenadas, desviación, rebase de tolerancia).
- Protocolo de orientación (fecha, coordenadas, orientación aplicada).
- Protocolo de trazas (elementos, puntos principales, puntos intermedios).

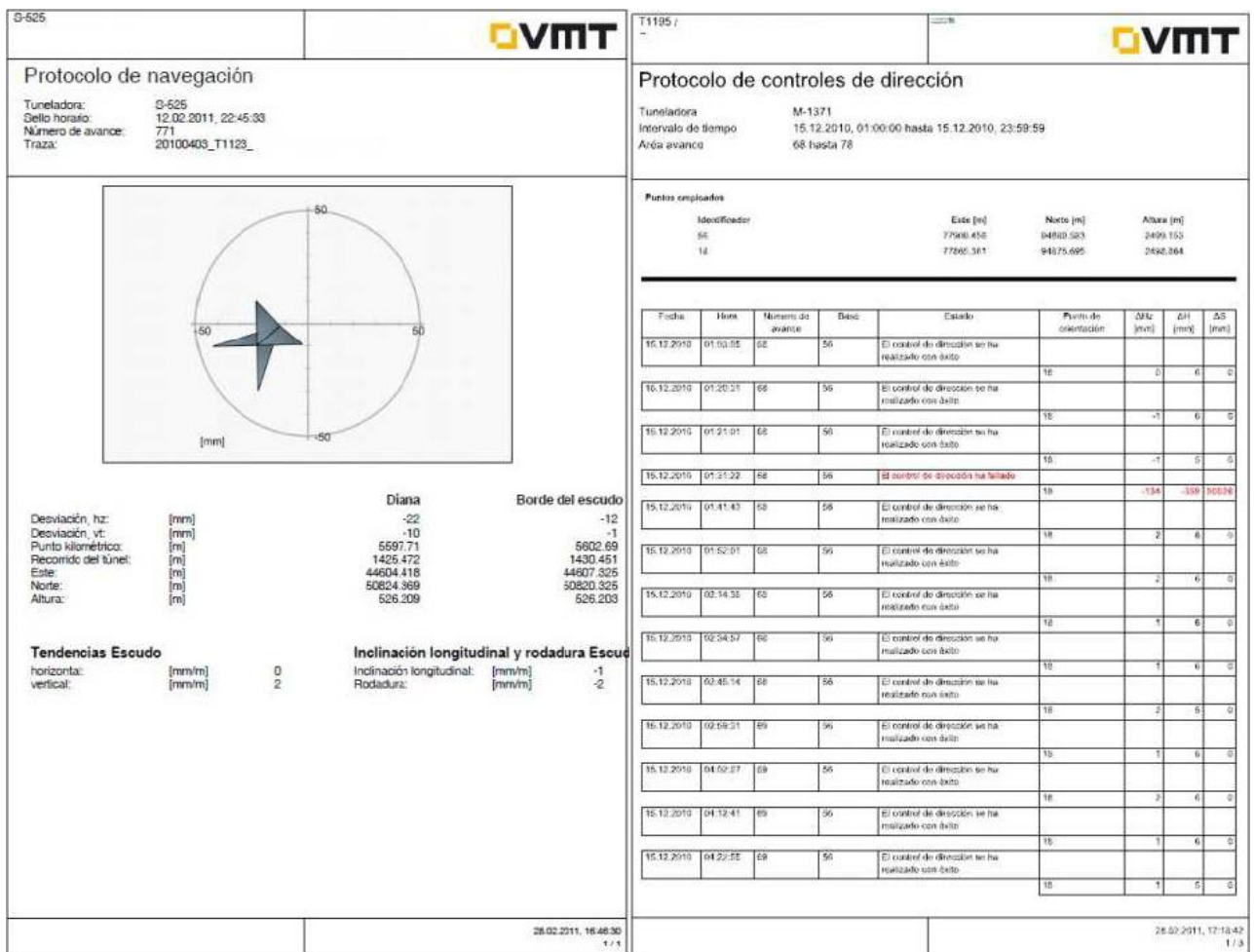


Figura 5.9.- Modulo de trazado.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.1.1.5 Instalación y puesta en funcionamiento

El sistema de navegación puede instalarse en el taller del fabricante o en la obra. Durante la instalación se ajustan todos los sensores y componentes del sistema a la respectiva tuneladora. Todos los componentes se unen unos a otros por medio de cables, se prueban y se ponen en funcionamiento. Además, se establece la conexión con el control de memoria programable de la tuneladora (si existe).

Durante la instalación se efectúa una medición y se determina de este modo el eje exacto de la máquina y se calcula la posición topográfica de la tablilla de mira en el escudo.

Tras haberse efectuado la instalación de fábrica se pone en funcionamiento el TUnIS Navigation TBM Laser en la obra antes del comienzo del primer avance. Al mismo tiempo se calibra la estación total del sistema tras el transporte y se comprueba toda la configuración del software.

La posición de la tuneladora se determina en la obra de manera independiente empleando los puntos de referencia de la medición de fábrica. Después se calibra el sistema de navegación con la posición determinada independientemente.

Todos los ajustes serán documentados y se transmitirán a la obra. El sistema funciona automáticamente exceptuando los trabajos de mantenimiento ocasionales y la introducción de las coordenadas en las mediciones de control, de modo que el personal pueda concentrarse en el trabajo verdadero después de haberse efectuado la formación.

En intervalos regulares tienen que comprobarse de modo topográfico las coordenadas de la estación total y del blanco de conexión para que pueda garantizarse la precisión del sistema de navegación.



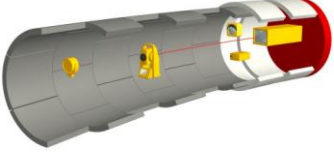
5.1.1.6 Variaciones de los sistemas de navegación en función al tipo de tuneladora.

La geología donde se realizara la construcción de la obra subterránea bien sea la construcción de un túnel o una galería de acceso minera es la que condiciona el tipo de tuneladora a utilizar.

Los elementos básicos de una TBM son la cabeza de corte, el soporte del cabezal de corte con los motores de accionamiento de la cabeza de corte, el bastidor de la máquina y el sistema de sujeción y conducción.

Así pues la configuración y componentes del sistema de navegación variaran en función de la configuración de la tuneladora aunque el principio básico de funcionamiento es el mismo por lo que no explicare en detalle cada una de las variaciones existentes en el porfolio de VMT GmbH.

Así pues, en la Tabla 5.1 se muestran esquematizadas las diferencias, entre las distintas variantes de los sistemas de navegación aplicadas al tipo de tuneladora.

Nombre del producto	TUnIS Navigation TBMPrism	TUnIS Navigation Gripper	TUnIS Navigation Double-Shield
			
Descripción	<p>Sistema de navegación de EPB, escudos mixtos y tuneladoras de roca dura, así como para la gripper TBMs. Basándose en una estación total, dos prismas contraventanas instaladas dentro del escudo TBM y un inclinómetro de doble eje externo, Túnez Navegación TBM Prism determina el avance actual posición.</p>	<p>Un sistema de navegación diseñado específicamente para pinza TBMs. Basándose en una estación total y una unidad objetivo instalado dentro del escudo TBM, determina la posición de avance actual.</p>	<p>Sistema de navegación para tuneladoras de doble escudo, que en la parte técnica son las máquinas perforadoras más exigentes en un túnel. Sobre la base de una estación total, una unidad objetivo instalado dentro del escudo TBM y otros componentes, que determina la posición de avance actual.</p>
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo automático preciso de la posición de la TBM • Visualización de los datos de posición después de un finalización del ciclo de medida exitosamente • Rutina de software para la reubicación de la estación total • Conexión con PLC para diversos tipos 	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo automático preciso de la posición de la TBM • Visualización continua y permanente de las posiciones • Sistema de avance con redundancia para navegar a través de cilindros de empuje • Rutina de software para la reubicación de estación total • Conexión con SPS para varios tipos 	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo automático preciso de la posición de la TBM • Control de las diferencias desde los gripper al frente • Visualización continua y permanente de posiciones • Rutina de software para la reubicación de estación total • Conexión de SPS para varios tipos
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación cíclica de la posición • Fácil reubicación de la estación total elimina la presencia continua de un topógrafo 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la posición en tiempo real • Estabilidad del sistema y el aumento de la precisión por la redundancia de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la posición en tiempo real • Reducido espacio para la instalación de unidad de destino activa. • Fácil manejo de la

<ul style="list-style-type: none"> • Reducido espacio para la instalación de unidad de destino activa. • Fácil manejo de la reubicación de la estación total a minimizar el tiempo empleado 	reubicación de la estación total a minimizar el tiempo empleado
---	---

Tabla 5.1.- Comparativa de los sistemas de navegación para tuneladoras.

Fuente: Elaboración propia (2014).

5.1.2 Micro tuneladoras

5.1.2.1 SLS-Microtunnelling L “Este sistema de navegación se utiliza únicamente avances rectas cortos.”

El sistema de navegación SLS-Microtunnelling L (Figura 5.10) es un sistema láser que calcula en todo momento la posición exacta de la tuneladora y las desviaciones de la traza debida, y se lo muestra directamente al conductor del escudo.

El elevado contenido informativo de los datos mostrados garantiza un control óptimo del estado de la máquina para mantener una marcha regular del escudo con desviaciones reducidas con respecto a la traza debida. Al conductor del escudo se le muestra continuamente la posición, las desviaciones de la máquina y las tendencias.

Un hardware robusto y adecuado para los túneles y un software de fácil manejo con una memorización duradera de todos los datos geométricos de avance garantizan un primer aprendizaje y un manejo rápido y sencillo del sistema.

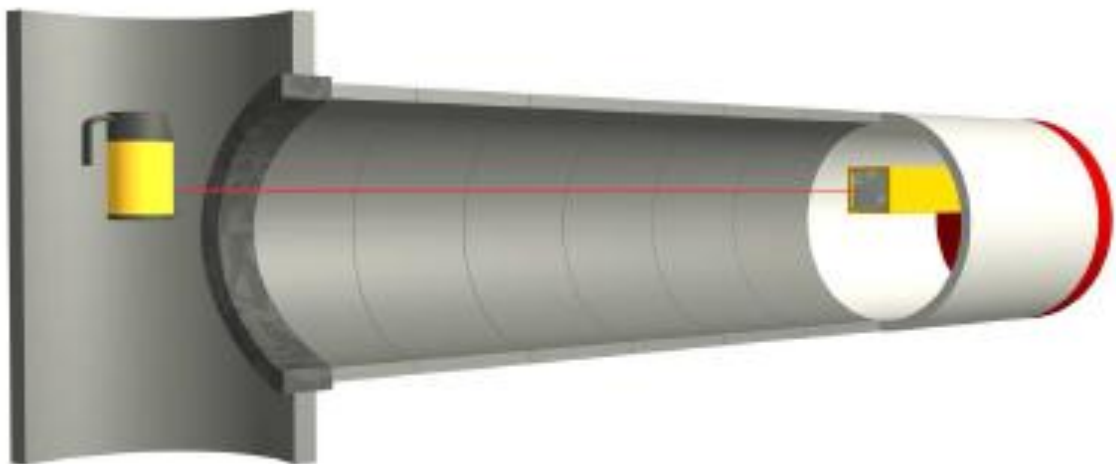


Figura 5.10.- SLS-Microtunnelling L.

Fuente: VMT GmbH (2014).

De este modo, el sistema de navegación SLS- Microtunnelling L ofrece todas las ventajas con respecto a los conceptos de medición convencionales. Un reconocimiento inmediato de la desviación de la máquina y una determinación permanente de la posición durante el avance hace posible que se lleve el avance con un control óptimo sobre la posición de la máquina al mejor resultado posible. Las diferencias a la traza debida se mantienen mínimamente debido a que se pueden iniciar a tiempo los movimientos necesarios de control. El elevado contenido informativo durante el control, la memorización completa y duradera de todos los datos geométricos de avance para una documentación posterior y la elevada eficiencia gracias a las reducidas interrupciones del avance, son las ventajas decisivas de este sistema en comparación a otros sistemas de navegación.

El SLS-Microtunnelling L no necesita ningún cableado ni componentes complejos para que funcione perfectamente. La configuración es fácil de comprender para cualquier trabajador que haya sido previamente formado en esta técnica. De este modo, es posible un primer aprendizaje rápido del manejo y del modo de funcionamiento del sistema. Un conductor del escudo puede encargarse completamente sin más del manejo del SLS Microtunnelling L.

El topógrafo puede limitar su trabajo a las mediciones que han de ser preparadas (colocación a medida del pilar en el pozo y de la tablilla de mira) y a las mediciones de control.

Características del rendimiento del SLS-Microtunnelling L:

- Cálculo y representación de la posición de la tuneladora de forma gráfica y numérica.
- Cálculo y representación de las tendencias de la tuneladora.
- Soporte de varios idiomas.
- Documentación completa de la marcha del escudo.
- Manejo de los componentes.

5.1.2.2 SLS-Microtunnelling HL “Este sistema de navegación que se utilizará para los avances rectas largas que requieren una alta precisión en la determinación de la altura”

El sistema de navegación SLS- Microtunnelling HL es un sistema electrónico de niveles de manguera que determina en todo momento la altitud exacta de la tuneladora. Al conductor del escudo se le muestra permanentemente la desviación vertical con respecto a la traza debida, la rodadura, la inclinación y la tendencia vertical de la máquina.

El elevado contenido informativo de los datos mostrados garantiza un control óptimo del estado de la máquina para mantener una marcha vertical regular del escudo con desviaciones reducidas con respecto a la traza debida.

Un hardware robusto y adecuado para los túneles y un software de fácil manejo con una memorización duradera de todos los datos geométricos de avance garantizan un primer aprendizaje y un manejo rápido y sencillo del sistema.

El avance se lleva, independientemente de la longitud del túnel y de las influencias de la refracción, de manera precisa al mejor resultado posible mediante el uso del nivel de manguera.

De este modo, el sistema de navegación SLS- Microtunnelling HL ofrece todas las ventajas con respecto a los conceptos de medición convencionales. Un reconocimiento inmediato de la desviación de la máquina y una determinación permanente de la posición durante el avance hace posible que se lleve el avance con un control óptimo sobre la posición vertical de la máquina al mejor resultado posible.

Las diferencias verticales a la traza debida se mantienen mínimamente debido a que se pueden iniciar a tiempo los movimientos necesarios de control. El elevado contenido informativo durante el control, la memorización completa y duradera de todos los datos geométricos de avance para una documentación posterior y la elevada eficiencia gracias a las reducidas interrupciones del avance, son las ventajas decisivas de este sistema en comparación a otros sistemas de navegación.

El sistema de navegación SLS-Microtunelación HL también puede usarse como complemento de un sistema de navegación (sistema sensor HL). Proporciona una determinación independiente de la altura de la máquina. En combinación con el sistema de navegación hace posible que el conductor de la tuneladora controle repetidamente la determinación vertical de la posición de la tuneladora independientemente de las influencias externas.

El SLS-Microtunnelling HL (Figura 5.11) se basa en el concepto de la medición de la presión diferencial utilizando un nivel de manguera. Partiendo de una altura de referencia conocida se determina la diferencia de presión con respecto a un sensor de altura montado en la máquina y se calcula la diferencia de altura que de ello resulta. La determinación de la altura de la máquina efectuada de tal modo es precisa y está libre de las influencias de la refracción.

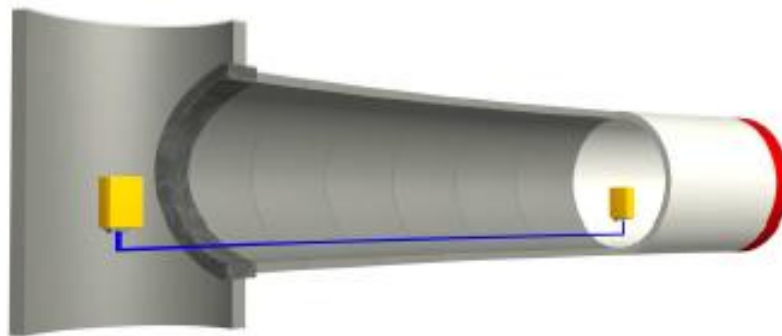


Figura 5.11.- SLS-Microtunnelling HL.

Fuente: VMT GmbH (2014).

En el pozo inicial se instala una reserva de agua y un sensor de altura de referencia. En la tuneladora se instala el segundo sensor de altura y un inclinómetro de dos ejes. Ambos sensores de altura se conectan entre sí con rollos de manguera rellenos con un fluido de medición especial.

Los sensores de altura son sensores de presión que miden la presión del fluido de medición saliente. La diferencia de altura entre la máquina y el módulo de referencia puede calcularse de manera precisa a partir de la presión diferencial entre el módulo de referencia y los sensores de altura.

El inclinómetro montado en la tuneladora proporciona la información necesaria sobre la rodadura actual y la inclinación longitudinal de la máquina. Teniendo en cuenta la rodadura y la inclinación de la máquina así como las cotas de montaje del sensor en la máquina se obtiene de ello la altura actual de la tuneladora. La precisión del cálculo de la altura por medio del nivel de manguera es absoluta, es decir, igual en toda la longitud del avance.

Los datos leídos se transfieren al ordenador del sistema mediante una línea de datos. Allí se le representa numéricamente al usuario en la pantalla las desviaciones verticales procedentes del sistema de nivel de manguera con respecto al eje nominal.

Para un control óptimo también se representan, junto a la desviación vertical de la máquina, la tendencia, la rodadura y la inclinación de la máquina con respecto al eje nominal.

Además, de manera opcional puede pre calcular la posición del escudo al registrar la extensión de las prensas de control.

5.1.2.3 SLS-Microtunnelling G “ Este Sistema de navegación es particularmente adecuada para avances con pequeños diámetros y estrechos radios de curvatura ”

El SLS- Microtunnelling G (Figura 5.12) es un sistema de navegación con una brújula giroscópica que señala el norte y un nivel de manguera electrónico que ha sido diseñado para los diámetros pequeños y los trazados complejos. En todo momento se calcula la posición exacta de la tuneladora y las desviaciones con respecto a la traza debida y se le muestra directamente al conductor del escudo.

La brújula giroscópica proporciona la posición y la dirección horizontal de la tuneladora y con el nivel de manguera electrónico se obtiene un cálculo de la altura altamente preciso e independiente de la longitud.

Todos los componentes del sistema están instalados de manera compacta y no es necesaria ninguna conexión visual. No se presenta ninguna influencia de la refracción en las mediciones.

Un hardware robusto y adecuado para los túneles y un software de fácil manejo con una memorización duradera de todos los datos geométricos de avance garantizan un primer aprendizaje y un manejo rápido y sencillo del sistema.

El elevado contenido informativo de los datos mostrados garantiza un control óptimo del estado de la máquina para mantener una marcha regular del escudo con desviaciones reducidas con respecto a la traza debida. Tras cada medición se le muestra al conductor del escudo la posición, las desviaciones de la máquina y las tendencias. Puede efectuarse un control de las curvas verticales y horizontales (curvas espaciales y en S) de manera fácil y precisa. Además, el sistema suministra una memorización completa y duradera de todos los datos geométricos de avance para una documentación posterior.

De este modo, el sistema de navegación SLS- Microtunnelling G ofrece todas las ventajas con respecto a los conceptos de medición convencionales.

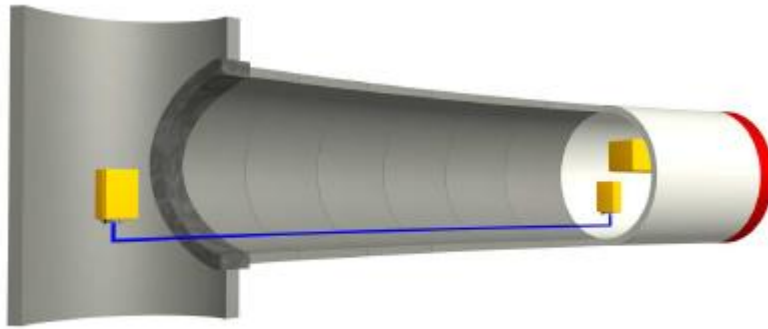


Figura 5.12.- SLS-Microtunnelling G.

Fuente: VMT GmbH (2014).

La brújula giroscópica se monta con una consola en la tuneladora y determina la posición y la dirección horizontal de la tuneladora. Al comienzo del avance se determina la situación espacial de la brújula giroscópica con respecto al eje de la máquina. Las diferencias entre el eje del giroscopio y el eje de la máquina se archivan en el sistema de navegación como valores offset y se tienen en cuenta al mostrar la posición. La rodadura y la inclinación longitudinal actual se leen de los valores del inclinómetro de la brújula giroscópica y se le muestra al conductor del escudo.

El cálculo de la altura se realiza mediante un nivel de manguera preciso, cuyas exactitudes están absolutamente, es decir igual durante todo el avance, libres de influencias que inducen al error que dependan de la refracción y del trayecto.

La diferencia de altura se calcula con la ayuda de la medición de la presión diferencial entre el sensor de altura en la máquina y el módulo de referencia en el pozo inicial. Ambos sensores se conectan uno a otro con mangueras rellenas con un fluido de medición especial. Teniendo en cuenta la rodadura y la inclinación actual de la máquina puede calcularse de ello permanentemente la posición vertical.

La posición y las tendencias de la máquina son determinadas siempre que se efectúa una medición del giroscopio. Ésta se efectúa normalmente cada 0,5 - 1 m durante una breve parada del avance.

La precisión del nivel de manguera no tiene influencias que inducen al error si se maneja correctamente. Las mediciones de la brújula giroscópica requieren una comprobación regular debido a que los movimientos de desviación de la tuneladora influyen negativamente en la precisión del cálculo. Bajo la desviación se entiende la diferencia entre la dirección del eje de la máquina y la dirección de movimiento real de la máquina. Ésta depende del trazado, de la naturaleza del terreno y del comportamiento en marcha de la tuneladora.

Mediante la instalación independiente de las líneas visuales, este sistema es especialmente adecuado para diámetros pequeños y radios estrechos, así como en rozadoras de corte selectivo con transporte de vagonetas.

5.1.2.4 SLS-Microtunnelling LT “Este sistema de navegación se utiliza para avances en curva con grandes longitudes”

El sistema de navegación SLS- Microtunnelling LT es un sistema de estación total que calcula en todo momento la posición exacta de la tuneladora y las desviaciones del trazado marcado, y se lo muestra directamente al conductor del escudo.

Todos los componentes del sistema están instalados en el área delantera del túnel. Por este motivo pueden desatenderse las influencias de la refracción en las mediciones.

El elevado contenido informativo de los datos mostrados garantiza un control óptimo del estado de la máquina para mantener una marcha regular del escudo con desviaciones reducidas con respecto a la traza debida. Al conductor del escudo se le muestra continuamente la posición, las desviaciones de la máquina y las tendencias. De este modo, puede efectuarse un control de las curvas verticales y horizontales (curvas espaciales y en S) de manera fácil y precisa.

Un hardware robusto y adecuado para los túneles y un software de fácil manejo con una memorización duradera de todos los datos geométricos de avance garantizan un primer aprendizaje y un manejo rápido y sencillo del sistema.

De esta manera, el sistema de navegación SLS- Microtunnelling LT (Figura 5.13) ofrece todas las ventajas con respecto a los conceptos de medición convencionales. Un reconocimiento inmediato de la desviación de la máquina y una determinación permanente de la posición durante el avance hace posible que se lleve el avance con un control óptimo sobre la posición de la máquina al mejor resultado posible. Las diferencias a la traza debida se mantienen mínimamente debido a que se pueden iniciar a tiempo los movimientos necesarios de control. El elevado contenido informativo durante el control, la memorización completa y duradera de todos los datos geométricos de avance para una documentación posterior y la elevada eficiencia gracias a las reducidas interrupciones del avance, son las ventajas decisivas de este sistema en comparación a otros sistemas de navegación.



Figura 5.13. - SLS-Microtunnelling LT.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.1.2.5 Software

El software se encarga del registro y de la valoración de todos los valores de medición geoméricamente relevantes y transmite la información de control a la estación total.

- Registro de los valores de medición actuales de los componentes conectados (tablilla de mira, inclinómetro, rueda de medición, control de memoria programable SPS).
- Registro de los valores de medición actuales de la estación total (trayectos, ángulos).
- Transferencia de las órdenes de control a la estación total.
- Cálculo y fijación automática de la orientación en la estación total.
- Registro de las extensiones de las prensas de control y de las extensiones expansoras (unión al SPS o registro externo).
- Memorización y análisis de la posición y documentación correspondiente.

En el monitor del ordenador del sistema se mostrará permanentemente la posición actual de la tuneladora (Figura 5.14). Los datos se representan esquemáticamente y de modo que sea fácil de comprender como desviaciones horizontales y verticales en comparación con la traza debida. El estacionamiento actual y la indicación de las tendencias horizontales y verticales de la hinka dirigida y de la parte frontal del escudo completan la información principal para el conductor del escudo. De este modo se obtiene el control óptimo sobre los movimientos de control necesarios. En la visualización también se muestra la información adicional, como por ejemplo, la fecha, la hora, el número de tubería y el nombre del conductor del escudo.

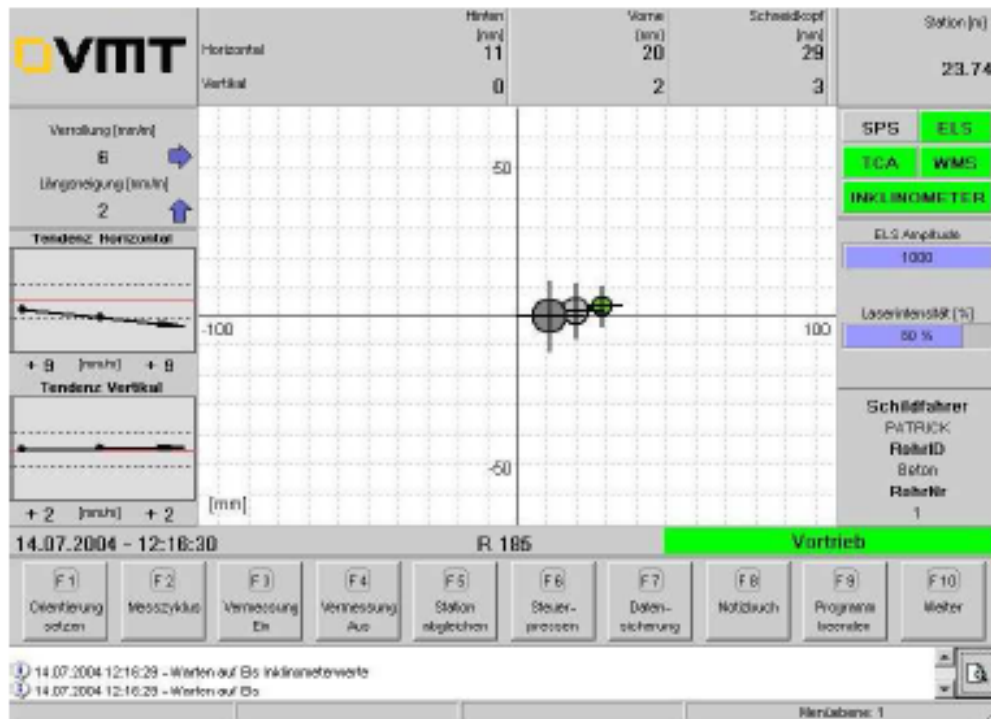


Figura 5.14.- Visualización.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Todos los valores relevantes para el proyecto se introducen por medio del editor del sistema (Figura 5.15). Entre estos están:

- Los datos de la máquina (longitud, diámetro, nivel de prensa, etc.) Los parámetros de la tablilla de mira (dirección y posición con respecto al eje de la tuneladora).
- Posiciones de montaje para el láser, el blanco de conexión y los prismas del punto de apoyo en el tramo del tubo.
- Coordenadas de los componentes del sistema.
- Calibración del inclinómetro.
- Intervalos para los ciclos de medición y el registro de datos.

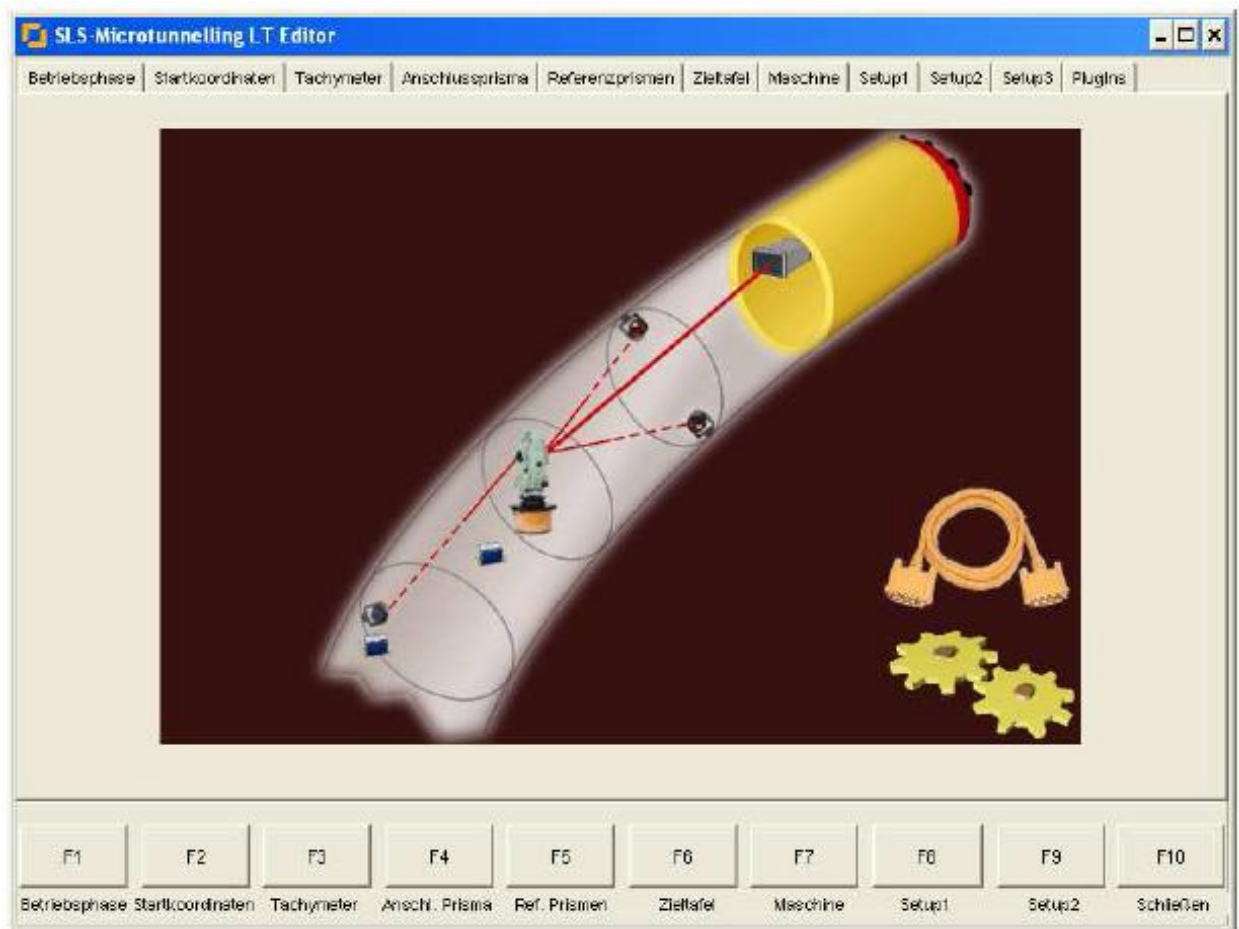


Figura 5.15.- Parámetros del sistema.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El trazado se introduce por medio del editor de la traza. Para ello se introduce la traza, con la ayuda del punto inicial conocido y de la dirección de partida conocida, a modo de elemento (longitud del elemento y radio). De manera opcional también puede importarse al sistema una lista de puntos con coordenadas globales (lista de puntos de la traza dada en intervalos de 1 m).

El editor de la huella (Figura 5.16) es un módulo gráfico que sirve sobre todo para el monitorizado y control de la huella de referencia generada por el sistema de medición. El editor de la huella dibuja, además, las huellas de la marcha de la tuneladora y la posición real del tramo del tubo en la zona de los prismas de referencia como un diagrama en la pantalla. Las distintas huellas se representan en diferentes colores.

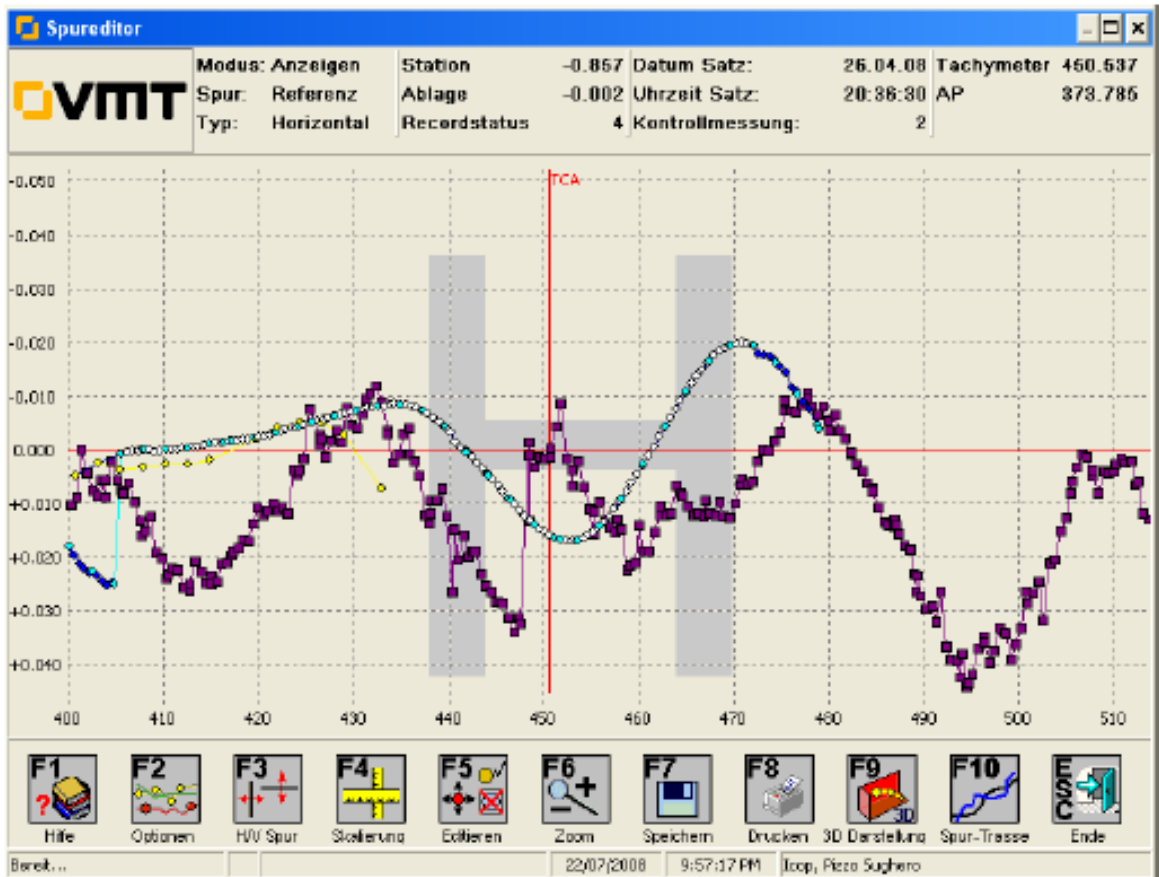


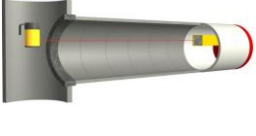
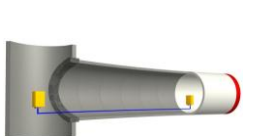
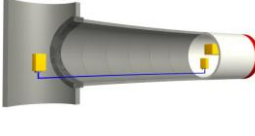
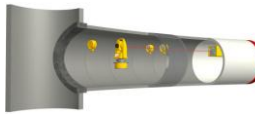
Figura 5.16.- Histórico del trazado.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Se crea un archivo de protocolo en el que se memorizan todos los valores importantes disponibles. El registro de datos se ajusta a la ATV A125 (estado 04/1996), es decir, los datos de posición se registran cada 20 cm o bien cada 90 segundos. Las presiones de prensa, si es que existen, se registran como valor máximo en el intervalo.

Los protocolos se pueden elaborar de manera individual y memorizarse e imprimirse como archivo de transferencia de texto o de Excel. También está prevista una valoración gráfica de los datos registrados.

A continuación se muestra la Tabla 5.2 como comparativa de todos y cada uno de los sistemas de navegación para túneles de pequeño diámetro, con una pequeña descripción, características y beneficios de cada uno de ellos.

Nombre del	SLS-Microtunnelling L	SLS-Microtunnelling HL	SLS-Microtunnelling G	SLS-Microtunnelling LT
				
Descripción	<p>Este sistema de navegación se utiliza únicamente avances rectas cortas. It determina las posiciones horizontal y vertical de la máquina así como de cabeceo y balanceo utilizando un haz de láser de referencia dirigido a una unidad objetivo.</p>	<p>Este sistema de navegación se utilizará para largos avances rectos que requieren una alta precisión en la determinación de la altura en microtuneladora. Es adecuado para todos los diámetros de túnel y utiliza un nivel hidrostática electrónica para determinar la posición vertical de la tuneladora.</p>	<p>Particularmente adecuada para pequeños diámetros y radio de la curva cerrados. La posición horizontal se determina usando un norte buscando girocompás y la posición vertical por medio de un nivel hidrostática eléctrica.</p>	<p>Este sistema puede ser utilizado para navegar en avances curvados y con larga distancias motorizados. Una estación total y unidad objetivo determinan por láser la posición horizontal y vertical, cabeceo y balanceo de la tuneladora.</p>
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Para avanzases rectos, longitudes de hasta máx. 250m, todos los diámetros • Visualización gráfica y numérica continua de las desviaciones y tendencias • Conexión remota y visualización desde Internet • PLC-conexión con diversos tipos / productores • Generación de reportes, 	<ul style="list-style-type: none"> • Para todos los diámetros y todos los tipos de máquinas • Alta precisión continua determinación de la posición vertical • Sistema flexible de alineamiento independiente de "línea de visión" • En combinación con un sistema de láser: dimensionamiento o redundante que significa aumento 	<ul style="list-style-type: none"> • Para todos los tipos de máquinas y todos los diámetros • Alineaciones complejas • Sistema flexible de alineación independiente de "línea de visión" • Determinación precisa de la altura • Ideal para la adaptación del proceso adelantado con vagones de eliminación de lodo • Conexión con mando a distancia y 	<ul style="list-style-type: none"> • Para largas distancias y avanzar curvas de 1200m • Visualización gráfica y numérica continua de las desviaciones y tendencias • Determinación de la posición independiente de la refracción o la deriva • Conexión con mando a distancia y visualización de Internet • PLC-conexión con

<p>modificable para requerimientos particulares</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuente de alimentación de área remota para todo tipo de máquina 	<p>de la precisión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visualización y almacenamiento de todos los datos continua • Generación de reportes, modificable para requerimientos particulares • Conexión remota y visualización de Internet • PLC-conexión con diversos tipos productores • Fuente de alimentación de área remota 	<p>visualización de Internet</p> <ul style="list-style-type: none"> • PLC-conexión con diversos tipos • Navegación precisa a través de curvas estrechas • Generación de reportes, modificable para requerimientos particulares • Fuente de alimentación de área remota 	<p>diversos tipos / productores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generación de reportes, modificable para requerimientos particulares • Fuente de alimentación de área remota para todo tipo de máquina
<p>Beneficios</p> <ul style="list-style-type: none"> • El control óptimo de la monitorización continua de los movimientos de la máquina • Rápida actuación posible ya que las desviaciones se reconocen rápidamente • Alta precisión por los redundancia • Sistema modular ampliable por otros sistemas de sensores y navegación 	<ul style="list-style-type: none"> • El control óptimo de la monitorización continua de los movimientos de la máquina • Rápida actuación posible ya que las desviaciones se reconocen rápidamente • Alta precisión por los despidos • Sistema modular ampliable por otros sistemas de sensores y navegación 	<ul style="list-style-type: none"> • El control óptimo de la monitorización continua de los movimientos de la máquina • Rápida actuación posible ya que las desviaciones se reconocen rápidamente • Menos esfuerzo para mediciones de control • Modular ampliable por otros sistemas de sensores y navegación 	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo Mantenimiento del durante el avance • Documentación completa de todos los valores) • Previsión fiable debido a los valores de medición exactos • Evitar el daño de las tuberías de avance • Reducir número de interjack stations

Tabla 5.2.- Comparativa de los sistemas de navegación para micro tuneladoras.

Fuente: Elaboración propia (2014).

5.1.3 Rozadoras y carros de perforación

Hasta ahora la excavación por medio de rozadoras de corte se ha realizado de manera puramente visual mediante la última construcción auxiliar de apoyo fijada o por medio de un dibujo manual del perfil de la excavación con pintura en spray. En estos casos, la precisión de la excavación dependía fuertemente de la experiencia del conductor de la máquina. Debido a la formación de polvo durante el proceso de rozamiento, este control visual es con frecuencia muy lento e impreciso. Para minimizar los costes de la excavación y de la construcción auxiliar de soporte mediante una excavación de medida exacta del perfil debido y acelerar la marcha de la obra a pesar de la formación de polvo.

El SLS-Roadheader determina:

- La posición del rodillo de arranque con referencia a la traza.
- La posición del rodillo de arranque con referencia al perfil debido.

Para optimizar el desarrollo del trabajo se representa la herramienta de arranque en relación al perfil debido en un monitor en el campo visual del conductor de la rozadora. El sistema determina por sí mismo la posición exacta de la máquina y del rodillo de arranque, y emite una advertencia en la pantalla en caso de acercamiento o superación del perfil debido.

El eje del túnel puede generarse externamente e importarse como un archivo. Además, puede introducirse directamente en el software. Los datos pueden visualizarse o modificarse posteriormente.

Todos los datos importantes (por ejemplo, los puntos de contacto con el perfil, el resultado del control de la dirección, la posición de la estación total, el punto de conexión, etc.) se memorizarán en el sistema. De estos datos puede reproducirse todo el historial.

El sistema de navegación puede conectarse a un sistema de visualización y de mantenimiento a distancia (mediante WLAN a la red de la obra). De este modo puede visualizarse y mostrarse el avance de la excavación, por ejemplo, en la dirección de obra.

5.1.3.1 Hardware

Los prismas están especialmente contruidos para el empleo en ambientes duros. En esencia éstos se componen de un prisma estándar Leica en una carcasa que puede abrirse y cerrarse eléctricamente mediante una compuerta a través del software SLS-Roadheader. El uso de los prismas estándares Leica posibilita al registro automático de mira de la estación total una mejor localización de los prismas del sistema. Una compuerta con obturación que sólo deja libre la vista a la estación total, lo protege de la suciedad y de una equivocación al apuntar. Para evitar que los prismas se empañen con agua de vapor condensado, éstos van a ser, además, calentados eléctricamente.

Este robusto inclinómetro de dos ejes funciona con gran precisión incluso en presencia de vibraciones y sacudidas. Esta propiedad se consigue mediante una amortiguación oleo hidráulica que ha sido ajustada especialmente para su uso en rozadoras de corte selectivo. Para exponer estos componentes a una carga mecánica lo menor posible, el inclinómetro de dos ejes se monta en una posición donde no exista mucha vibración en la rozadora.

Para valorar todos los datos de los sensores y para la visualización del brazo de arranque con respecto al perfil debido se emplea un ordenador industrial. Dependiendo del fabricante y del modelo de la rozadora de corte selectivo se seleccionará el lugar de montaje óptimo para el ordenador. Los golpes y las vibraciones que se produzcan serán amortiguados mediante un amortiguador de golpes especialmente hecho a la medida del tipo de máquina. Como protección contra la suciedad y las influencias mecánicas, el ordenador se encuentra adicionalmente en una carcasa de acero fino. En caso de que no exista la posibilidad de instalar el ordenador con monitor integrado en el campo visual del conductor, puede conseguirse un empleo ergonómico del sistema por medio de otro monitor.



Figura 5.17.- Hardware I.

Fuente: VMT GmbH (2014).

La caja de control (CU-Box) controla el flujo de datos de cada uno de los sensores y lo transmite al ordenador industrial para seguir tratándolo. Además, desde aquí se regula todo el abastecimiento de corriente de los componentes montados en la máquina (Figura 5.17). Los filtros y los fusibles integrados protegen a los componentes de manera adicional de las oscilaciones de la tensión de la red de abastecimiento.



Figura 5.18.- Hardware II.

Fuente: VMT GmbH (2014).

La comunicación de datos entre el ordenador de la máquina y la estación total instalada (Figura 5.18) en la pared del túnel se realiza mediante un enlace radioeléctrico. Mediante una técnica de transmisión digital es posible el funcionamiento simultáneo de varias conexiones de punto a punto en la misma zona de emisión y recepción. Además, mediante esta técnica se garantiza la transmisión segura de los datos y se minimiza la

influencia de otros sistemas basados en las emisiones por radio. La posibilidad de realizar una prueba de funcionamiento del módem por medio del ordenador facilita la búsqueda de los problemas que eventualmente puedan aparecer.

En el SLS-Roadheader sólo se emplean estaciones totales de la compañía Leica. Estas estaciones totales se han acreditado en los controles de las máquinas en la construcción de túneles gracias a un elevado estándar técnico y a una gran resistencia. En el SLS-Roadheader se emplean, dependiendo de la configuración del sistema, los estaciones totales de la serie 1100 ó 1200.

Los sensores de brazo miden los movimientos de giro horizontales y verticales así como la extensión lineal del brazo de arranque. El fabricante de la máquina es quien monta estos sensores en un sistema estándar SLS-Roadheader y los valores de medición se transmiten al SLS-Roadheader mediante una interfaz RS232. De manera opcional también existe la posibilidad de montar posteriormente los sensores propios de VMT en la máquina. Una integración de estos sensores probados como componentes de una rozadora de corte selectivo es especialmente interesante para el fabricante de la máquina. El montaje de estos sensores puede preverse en la construcción sin grandes costes y, en caso necesario, pueden incorporarse sencillamente con posterioridad. Estos sensores también están disponibles para su uso en zonas con peligro de explosión.

5.1.3.2 Software

En el software SLS-Roadheader (Figura 5.19) se analizan los datos entrantes de todos los sensores, se conectan con los datos del proyecto que fueron introducidos anteriormente y los resultados se representan de modo fácilmente comprensible a tiempo real en el monitor que se encuentra en la cabina del conductor.

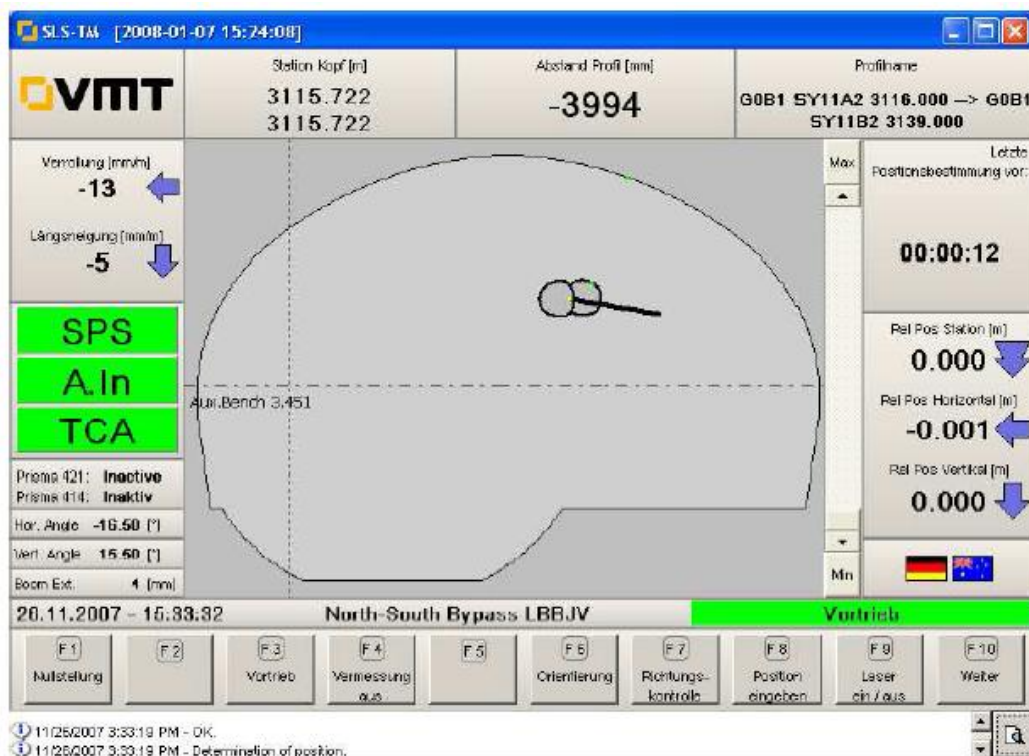


Figura 5.19.-Display de navegación.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El manejo y la configuración del programa se subdividen en varios grupos de usuarios por medio de la autorización por contraseña. Éstos se componen de derechos estándares que desbloquean las funciones necesarias para que el conductor de la máquina pueda utilizar el SLS-Roadheader.

El ajuste de los datos de la máquina y del proyecto sólo puede efectuarse tras introducir una contraseña. Las comprensibles máscaras de entrada facilitan aquí la configuración del programa.

En el monitor del ordenador del sistema se mostrará permanentemente la posición actual de la máquina y del tambor de arranque. Los datos se representan esquemáticamente y de modo que sea fácil de comprender como desviaciones horizontales y verticales en comparación con la traza debida. El estacionamiento actual y la indicación de la rodadura y de la inclinación longitudinal de la herramienta de arranque completan la información principal para el conductor. De este modo se obtiene el control óptimo sobre los movimientos de control necesarios.

En la visualización también se muestra la información adicional, como por ejemplo: la fecha, la hora, el proyecto, el nombre del perfil y el estado del hardware.

El editor de la traza (Figura 5.20) es un módulo que pone a disposición del programa de cálculo del eje del túnel en el que debe moverse la máquina. Sin embargo, este eje del túnel no tiene que ser obligatoriamente idéntico a la traza planeada, sino que puede diferenciarse de éste en ex centros horizontales y verticales determinados fijamente.

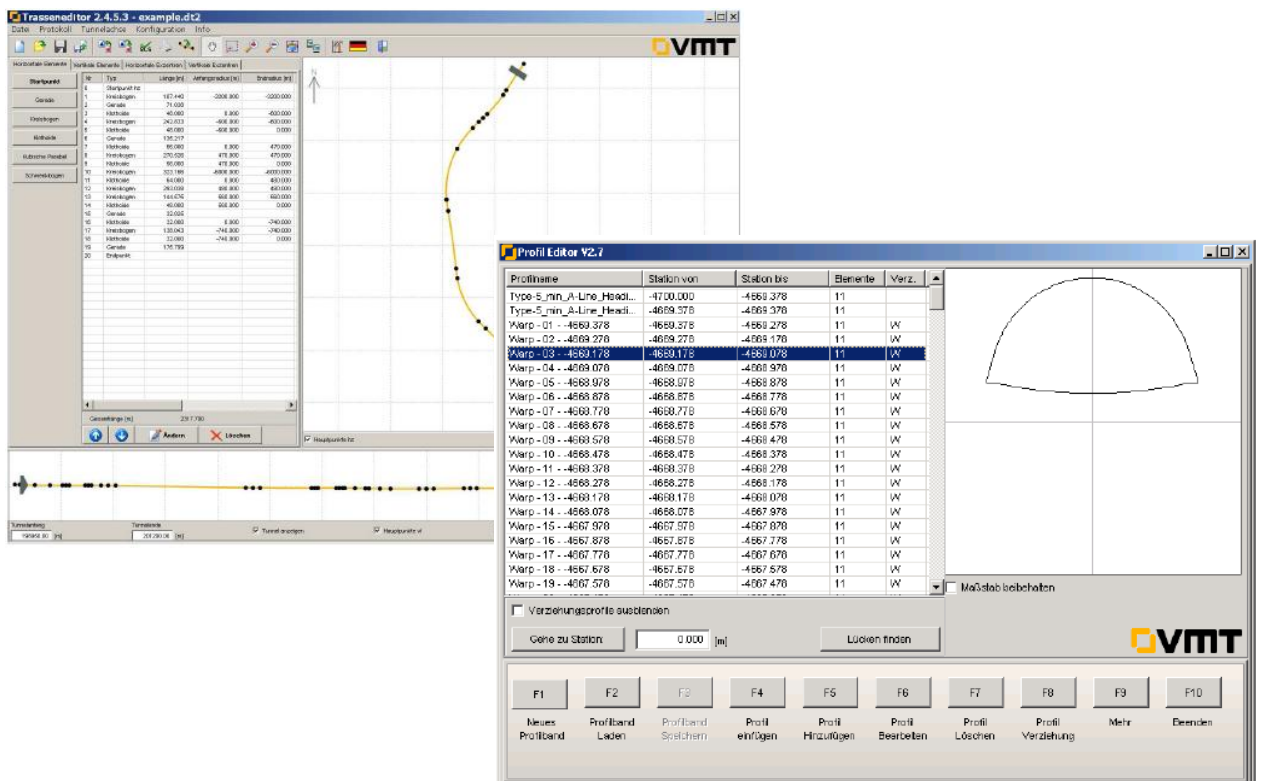


Figura 5.20.-Editor de traza.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Esta información puede tenerse en cuenta en el editor de la traza y también puede tratarse. Para que pueda ponerse a disposición del sistema el eje del túnel planeado, el editor de la traza ofrece diferentes posibilidades:

- Elaboración del eje del túnel a partir de un gran número de distintos elementos geométricos.
- Introducción por separado de elementos horizontales y verticales.
- Cálculo inmediato y representación gráfica.
- Función de protocolo integrada para la comprobación y documentación.
- Función de importación para las listas de puntos intermedios existentes.
- Comprobación de errores en la producción, exportación o importación de un eje del túnel.

La introducción de distintas geometrías del perfil y de su zona de aplicación del punto kilométrico sirve como base para el avance de geometrías complejas del túnel. Un cálculo automático de las transiciones sin interrupciones entre dos perfiles distintos se hace posible gracias al editor del perfil. Todos los perfiles introducidos y calculados automáticamente se representan de forma comprensible para el usuario gráfica y numéricamente.

La aproximación del brazo de arranque al perfil se subdivide, dependiendo de las zonas límites ajustadas en el editor del sistema, en la zona verde, amarilla y roja. Según la distancia al perfil debido, la herramienta de arranque se colorea en el monitor del SLS-Roadheader. La estación total mide los prismas del sistema de la rozadora de corte selectivo en intervalos regulares. En caso de que se produzca un impedimento en la visión entre los dos componentes, por ejemplo a causa de la formación de polvo, se le comunicará al usuario este estado coloreándose el fondo de la pantalla en los colores del semáforo.

5.1.3.3 Instalación

VMT GmbH monta y configura los componentes del SLS-Roadheader. Estos pueden ser diferentes dependiendo del tipo de máquina y de las exigencias del cliente.

Los prismas plegables serán montados fijamente a la máquina y conectados a la caja central. En un caso normal, se instalan dos prismas plegables. Las coordenadas (sistema local de la máquina) de los prismas plegables se determinan y se introducen en el software del sistema de navegación. El inclinómetro de dos ejes es montado fijamente a la máquina y conectado a la caja central. Los offsets necesarios del inclinómetro se determinan y se introducen en el software del sistema de navegación.

Dependiendo del equipamiento de la máquina, será el fabricante de la máquina o VMT quien prepare e instale los sensores para la medición de las extensiones del cilindro.

La caja central se monta en la máquina protegida de las vibraciones y se conecta a la máquina de arranque con el suministro de corriente (24 V). El ordenador del sistema se monta en la cabina del conductor de la máquina. El radiomódem se monta en la máquina de arranque y se conecta a la caja central.

Para instalar el sistema de navegación en la obra (Figura 5.21), VMT tiene que configurar y poner en funcionamiento los componentes que ya han sido instalados en la

máquina. Además, se monta y se coloca a medida la estación total en una consola en la pared del túnel.

Tiene que ser nivelado y sus coordenadas deben ser determinadas (sistema global de coordenadas). Las coordenadas así calculadas tienen que ser introducidas en el software del sistema de navegación. El radio módem se monta junto la estación total en la pared del túnel.

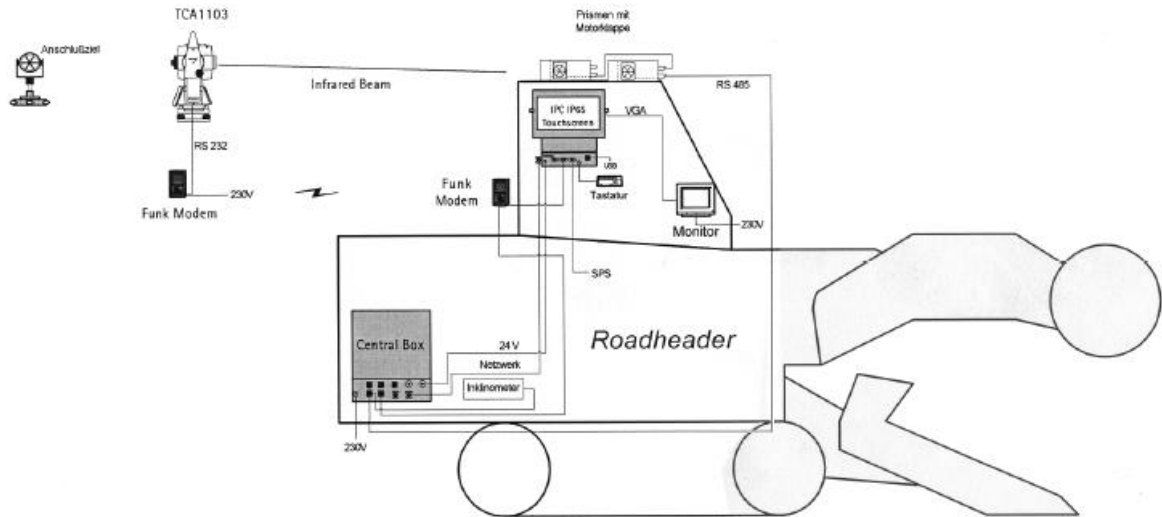


Figura 5.21.- Diagrama del sistema de navegación para rozadoras.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Éste va a ser conectado con un suministro de corriente externo y con la estación total. El prisma, que sirve como punto de conexión, se monta detrás de la estación total y se determinan sus coordenadas. Las coordenadas así calculadas tienen que ser introducidas en el software del sistema de navegación.

Todas las configuraciones, así como la elaboración de la traza y de los perfiles tienen que ser efectuados en los editores respectivos.

5.1.3.4 Carros de perforación

Incluyo los carros de perforación dentro del grupo de las rozadoras ya que la tecnología y metodología utilizada en estos sistema de navegación y posicionamiento tienen un la misma configuración aunque con pequeñas diferencias.

Antiguamente, los pernos para estabilizar la masa de roca se colocaban visualmente o por medio manual de marca de salida del punto de anclaje inicial. Para automatizar este procedimiento VMT GmbH desarrolló un sistema de navegación para un carro de perforación, SLS Rockbolteradvanced. El Posicionamiento del perno es más rápido y preciso, la posición perno instalado puede ser fácilmente documentada para la comparación con el esquema diseñado bólter.

Este sistema calcula automáticamente la posición exacta de la varilla de perforación y muestra:

- Posición de la varilla de perforación en relación con la DTA.
- Posición de la varilla de perforación en relación con el perfil de perforación (diagrama de pernos).

Para optimizar el procedimiento de trabajo de perforación para el empernado se muestra en el monitor a la vista del operador, la relación con la posición requerida del diagrama de perforación. El sistema calcula automáticamente la posición y dirección de la varilla de perforación. Al llegar a la posición final se registró la información.

El DTA se puede crear directamente en el software, o externamente y se importa como un archivo. Los datos se pueden visualizar o editar más tarde.

Todos los datos importantes (por ejemplo: posición de los bulones, los resultados del control de la dirección, la posición de la estación total y prisma posterior, etc.) se registra en el sistema. A través de este sistema de datos el historial está disponible.

El sistema de navegación se puede conectar a un sistema de visualización y control remoto (a través de WLAN o red de sitios), para permitir el seguimiento de los progresos, por ejemplo por la administración del sitio.

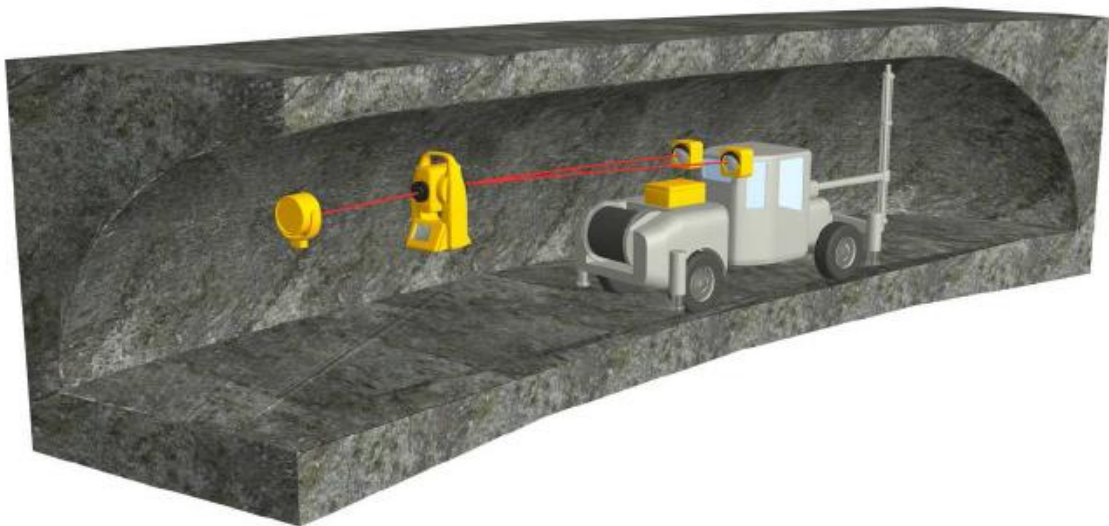


Figura 5.22.-Editores de trazado y perfil.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Una estación total está instalada en un soporte sólido en la pared del túnel. Un prisma está instalado dentro de una línea de visión, 50-100 m, detrás de la estación total. La estación total mide continuamente la posición de los dos prismas contraventanas instaladas en el carro de perforación.

La rotación y la inclinación del cuerpo de la máquina se controlan continuamente por un inclinómetro de doble eje. Sensores adicionales medir el movimiento de la varilla de perforación en relación con el carro de la máquina.

Todos los datos se recogen en la caja central del sistema de navegación y se transfiere al PC industrial. SLS-Rockbolter advanced (Figura 5.22) calcula la posición actual y la dirección de la varilla de perforación. Los datos se comparan con el DTA y perfil diseñado que se muestra a continuación, para el operador.

Para el operador de la máquina son importantes los siguientes datos (Nota: El cálculo siempre considerará el punto definido superior de la varilla de perforación):

- Punto kilométrico de la barra de perforación.
- Distancia desde el punto superior e inferior a la de referencia del PK del diagrama de perforación.
- Distancia desde el punto superior e inferior de la varilla de perforación en relación a la dirección de referencia vertical.
- Perfil requerido con diagrama de perforación .

El prisma de la vista posterior mide para la orientación y la dirección de control de la estación total en el sistema de coordenadas requerido. La estación total se controla a través de la SLS-Software y mide el ángulo y la distancia a los prismas motorizados. Los datos del sensor en la sonda de perforación se leen varias veces por segundo.

El tiempo transcurrido desde que se muestra la última determinación de la posición, que permite al operador de la máquina validar la información.

- Los sensores en la máquina miden los movimientos de la varilla de perforación.
- Dependiendo del diseño, los datos se transfieren al software avanzado SLS-Bolter través de:
 - PLC (como señal analógica de 4-20 mA) o CAN-Bus:
 - Controlador Lógico Programable, suministrado por el constructor de la máquina.
 - 4-20 mA señal analógica.
 - Instalado por VMT.
 - CAN-Bus:
 - Controlador asíncrono de la red, mediante Bus system.
 - Instalado por VMT.

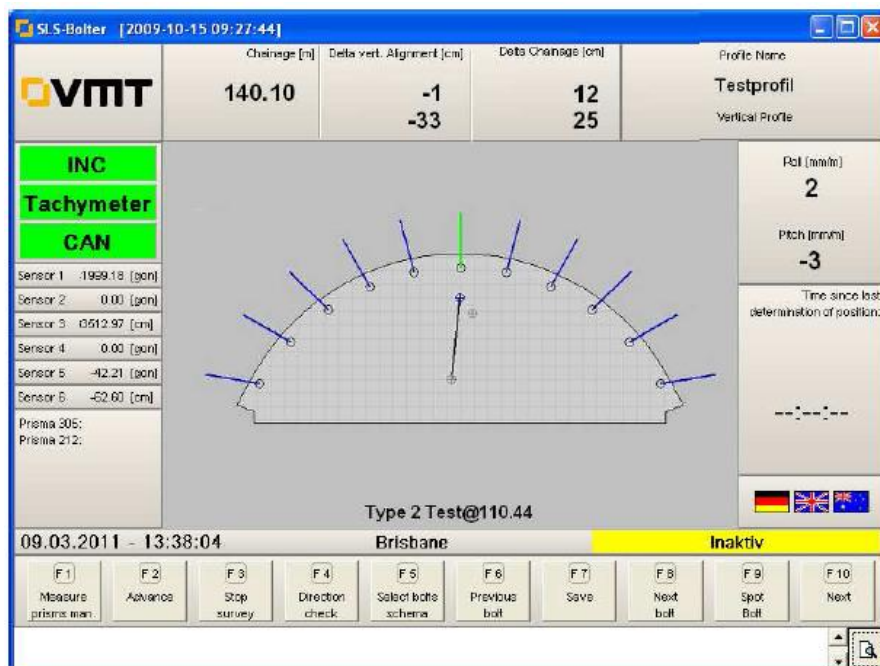


Figura 5.23.-Visualizacion.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El software analiza todos los datos del sensor de entrada. Se compara esto con los datos de diseño y muestra los resultados en el monitor en tiempo real. Manejo y configuración del programa se divide en grupos de usuarios con contraseña-autorización. Los derechos de usuario permiten el uso de SLS- Rockbolter avanzado por el operador de la máquina. La configuración de los datos de la máquina y de proyecto está protegida con contraseña.

La posición actual y la orientación de la barra de perforación se muestran continuamente en la pantalla del monitor (Figura 5.23). Los datos se muestran claramente con PK, desviación a la dirección vertical y la diferencia de PK (inclinación de la varilla de perforación). Esto permite un control óptimo para acciones de direccionamiento necesarias.

Información adicional como, fecha, hora, proyecto, nombre del perfil y el estado del hardware también se muestran en la visualización.

5.1.4 Excavadoras

Los sistemas de navegación para excavadoras subterráneas con un mayor grado de maniobrabilidad como la Liebherr 944 (Figura 5.4), esta maquinaria tiene un gran aplicación en túneles y minería, están actualmente en desarrollo por VMT GmbH en base a la tecnología desarrollada por VMT en la excavación de los túneles carreteros de Hindhead, Gran Bretaña 2008.



Figura 5.24.-Excavadora Liebherr 944.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Aunque el sistema se encuentra en proceso de desarrollo, está en una etapa muy madura del proyecto por lo que, he creído conveniente añadirlo en este estudio debido a la versatilidad de este tipo de maquinaria, cualidad muy apreciada en minería.

5.2 Sistemas de monitorizado

5.2.1 Tuneladoras

5.2.1.1 Sistema de medición de convergencia de anillos RCMS

Durante un proyecto para la construcción de un túnel con revestimiento por dovelas, actúan sobre el túnel, o bien sobre los anillos montados, un número de distintas fuerzas naturales y condicionadas por la perforación. En ciertos sectores con una especial importancia se requieren, por lo tanto, en el transcurso de un proyecto para la construcción de un túnel, medidas de deformaciones.

En un primer plano se encuentra la deformación de un anillo que se acaba de montar con respecto a las fuerzas actuantes, como por ejemplo, las fuerzas de avance, la alternancia de la carga que aparece al dejar un anillo fuera del revestimiento de escudo de la tuneladora o las operaciones de inyección a presión del espacio anular.

Para poder reconocer a tiempo los posibles riesgos debidos a deformaciones o convergencias, VMT GmbH ha desarrollado un sistema de medición de convergencia de anillos RCMS. El sistema de medición puede utilizarse tanto inmediatamente después del montaje del anillo, como en un anillo montado desde hace ya algún tiempo.

Con el sistema de medición de convergencia de anillos RCMS (Figura 5.25) no sólo es posible determinar la deformación de un anillo, sino que también ofrece la posibilidad de calcular los movimientos absolutos (elevaciones o hundimientos) del anillo.

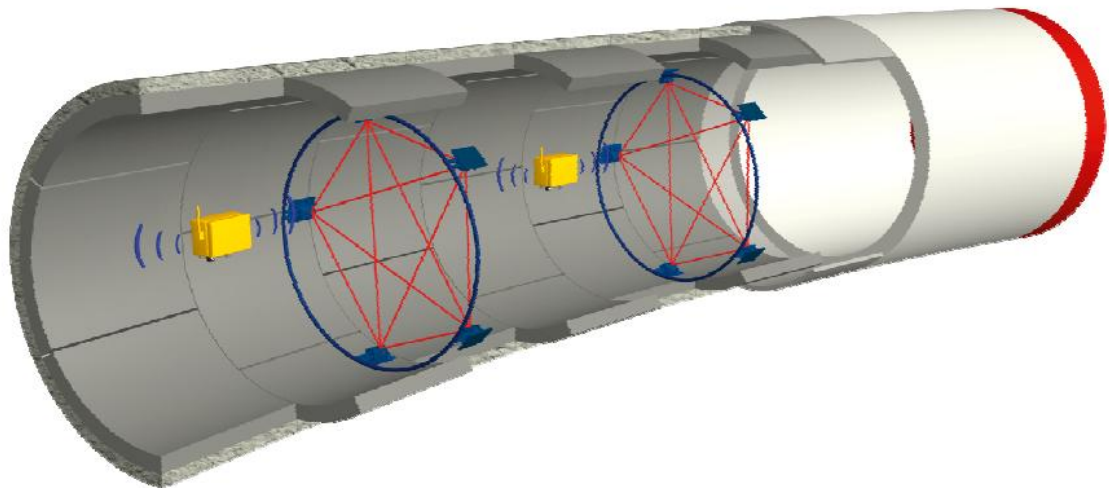


Figura 5.25.- Sistema de medición de convergencia de anillos RCMS.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Para ello se monta un prisma de referencia de dovela cuyos movimientos se registran en el sistema de navegación VMT y mediante el empleo de la estación total del sistema de navegación se consigue además, un ahorro en las labores del personal y en los costes de aparatos.

Con el fin de tener una redundancia o bien de una mejor disponibilidad en caso de obstáculos a la visibilidad, pueden integrarse varios prismas.

En el sistema de medición de convergencia de anillos RCMS se monta un inclinómetro por segmento en el anillo que debe ser observado. Los inclinómetros determinan los cambios de inclinación de los segmentos que se toman como referencia. De este modo, una deformación del anillo puede convertirse de modo recíproco en cambios relativos del ángulo de los segmentos. Las juntas longitudinales se consideran aquí ejes de la cadena de eslabones definida por los segmentos.

Por medio de los datos de ángulo de los inclinómetros puede determinarse el cambio de posición de los segmentos y, de este modo, la deformación del anillo en la sección transversal de medición (Figura 5.26).

Para cada juego de datos se calculan los puntos de articulación mediante una ecuación en un sistema de coordenadas local. Las coordenadas aquí calculadas de los puntos de articulación permiten el cálculo de las distancias de convergencia.

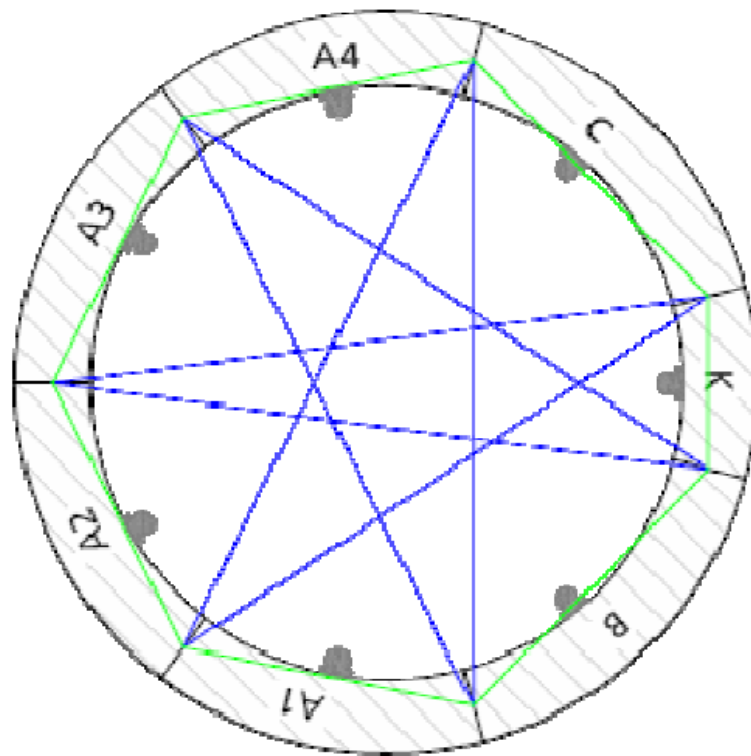


Figura 5.26.- Esquema del sistema de medición de convergencia de anillos RCMS.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Las diferencias de las distancias entre dos puntos temporales de medición dan como resultado las convergencias o bien las divergencias buscadas.

La precisión del sistema es de $\pm 0,3$ mm aproximadamente en estado inactivo. Las convergencias que aparecen en los proyectos para la construcción de túneles con revestimiento por dovelas pueden probarse de manera significativa a partir de ± 1 mm en adelante.

El avance sólo tiene que interrumpirse para el montaje de los inclinómetros y para la medición de referencia a realizar. A partir de ese momento es posible un registro continuo de las convergencias en un intervalo determinable libremente sin interrupción del avance.

Los valores de ángulo de los inclinómetros son transmitidos continuamente a una unidad de registro de datos (Data logger), donde quedan memorizados. Desde aquí, los valores de medición se transmiten vía LAN inalámbrica al ordenador de registro (de modo opcional vía LAN). Los cambios del ángulo de los inclinómetros pueden convertirse en movimientos radiales mediante el software de evaluación correspondiente. De este modo se garantiza un análisis del movimiento completo durante un largo período de tiempo.

5.2.1.2 Sistema de comprobación de la planicidad en los borde de las dovelas

La colocación incorrecta las dovelas implica el riesgo de daños. Para evitar estos daños, la planicidad del borde de ataque de la dovela debe estar monitorizada continuamente. Mediante el seguimiento de las extensiones de los cilindros de empuje, UnIS Ring Planarity Check (Figura 5.27), se comprueba automáticamente y alerta al usuario cuando se detecta un plano de los anillos desigual.

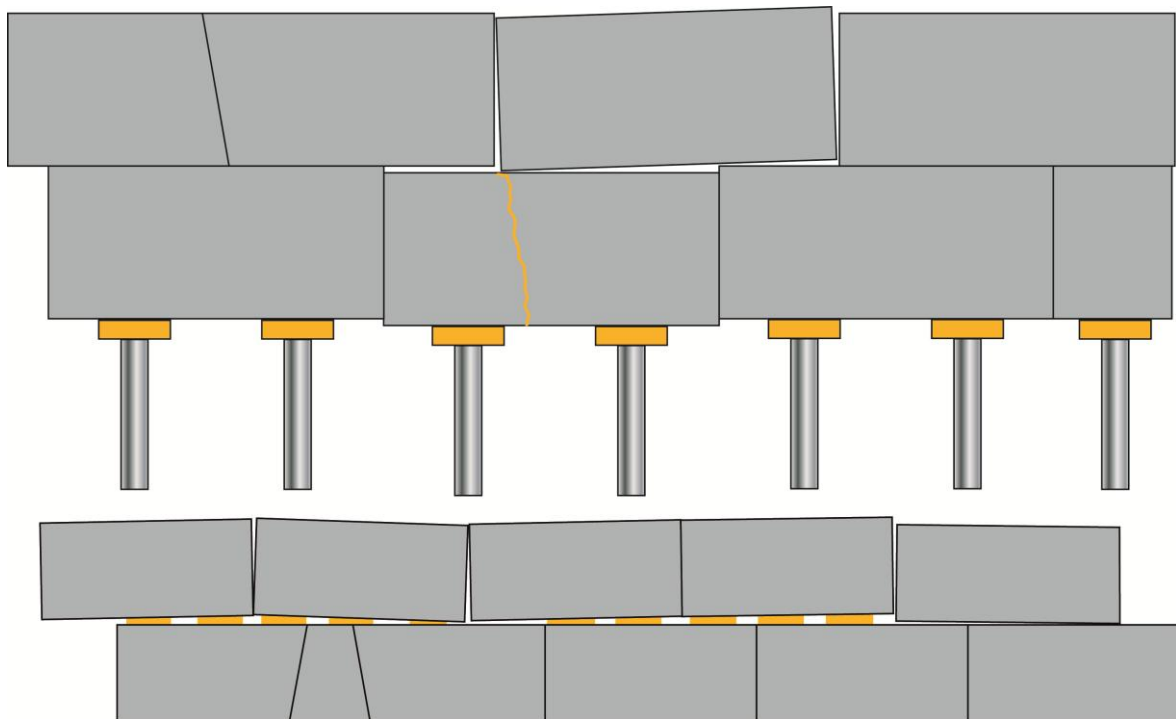


Figura 5.27.- Sistema de comprobación de la planicidad en los borde de las dovelas.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.2.1.3 Sistema de medición automático de holgura entre dovelas

En el caso de que se incorporen dovelas de hormigón prefabricadas para el revestimiento del túnel, no sólo es importante la determinación de la posición actual de la tuneladora. Más bien tiene que determinarse el sitio disponible en el espacio del escudo y la orientación óptima del anillo más favorable, así como debe tenerse en cuenta la marcha del escudo que se espera en el avance.

Esto es aún más importante si se emplean anillos cónicos, que se adecuan del mejor modo posible para crear trayectos del túnel rectos o curvados. El posicionamiento óptimo de los anillos es una parte decisiva del proceso de la construcción del túnel.

Para establecer la posición del último anillo montado en la cola del escudo se mide el espacio entre dovela y cola del escudo antes de montar el siguiente anillo. Los valores entre dovela y cola del escudo obtenidos sirven:

- Para la determinación de la posición del centro del último anillo montado.
- Para la determinación de la posición de la cola del escudo en el cálculo de la siguiente secuencia de anillos.

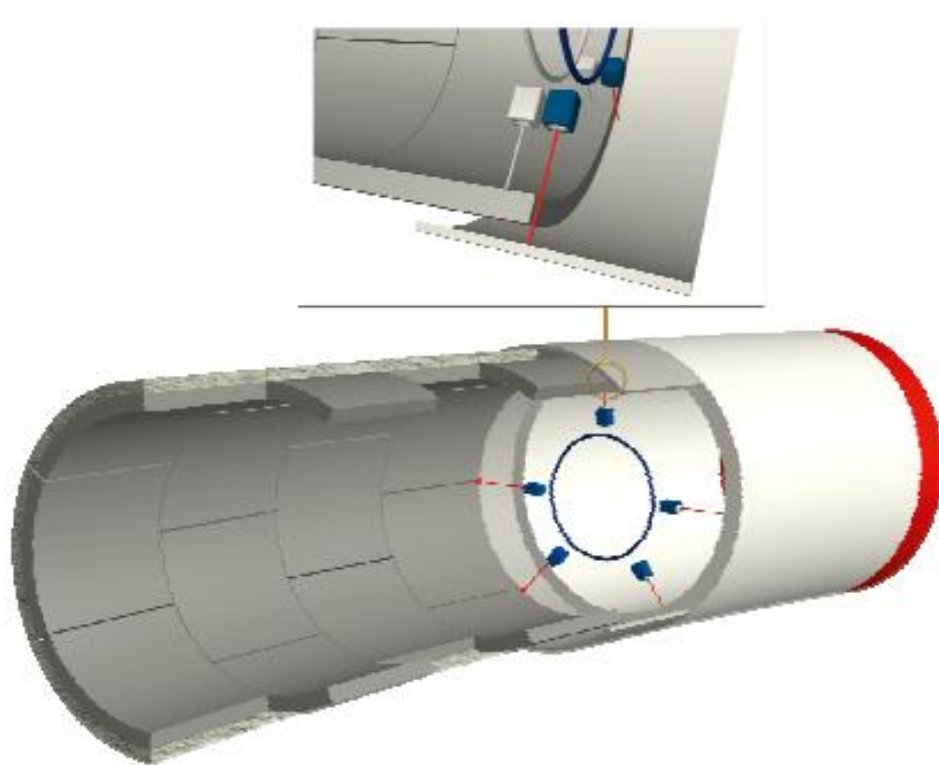


Figura 5.28.- Sistema de medición de holguras automático.

Fuente: VMT GmbH (2014).

La exigencia de fiabilidad y de una exactitud suficiente en la medición del espacio entre dovela y cola del escudo es indispensable. Las inexactitudes en la medición o los fallos en la transmisión manual al sistema de cálculo pueden conllevar secuenciaciones de anillos erróneas y ocasionar, de este modo, daños en los segmentos de hormigón.

Para garantizar que las mediciones son uniformes y exactas, VMT ofrece un sistema de medición automático. El sistema de medición automático del juego entre dovela y cola del escudo SluM (Figura 5.28) se caracteriza por sus mediciones precisas y porque evita los fallos de una transmisión manual, pero sobre todo porque el personal no tiene que llegar a los puntos de medición, en las tuneladoras con un gran diámetro se evita entrar en zonas de seguridad crítica.

Los resultados de la medición se transmiten desde los distanciómetros con compuerta de protección sujetos en la parte fija del erector al ordenador del sistema y se

muestran allí. La memorización se produce en una base de datos del sistema para poder llevar a cabo un análisis posterior de los valores de medición.

También existe una versión semiautomática de este sistema donde la holgura entre dovela y cola del escudo consta de un distanciómetro con transmisión de datos inalámbrica (Bluetooth), una antena omnidireccional y un convertidor Bluetooth.

Las mediciones del juego entre dovela y cola del escudo se efectúan con el distanciómetro en 5 puntos de medición del anillo. Aquí se mantiene el distanciómetro en la parte interior del anillo montado y la medición de la distancia se activa hacia la parte interior de la cola del escudo.

La caja de datos se fija en la zona del erector del anillo (Figura 5.29). De este modo se puede establecer una comunicación inalámbrica vía Bluetooth con el distanciómetro. Los valores medidos se envían pulsando una tecla vía Bluetooth a la caja de datos con antena omnidireccional y es recibido directamente por la plataforma de software TUnIS. La identificación del punto de medición se realiza mediante la tecla con la que se transmite el valor (por ejemplo, el valor del juego entre dovela y cola del escudo "a la derecha" se transmite con la tecla de la "flecha derecha" al distanciómetro).

Todos los resultados de la medición se muestran directamente en el ordenador del sistema. La memorización se produce en una base de datos del sistema para poder llevar a cabo un análisis posterior de los valores de medición.

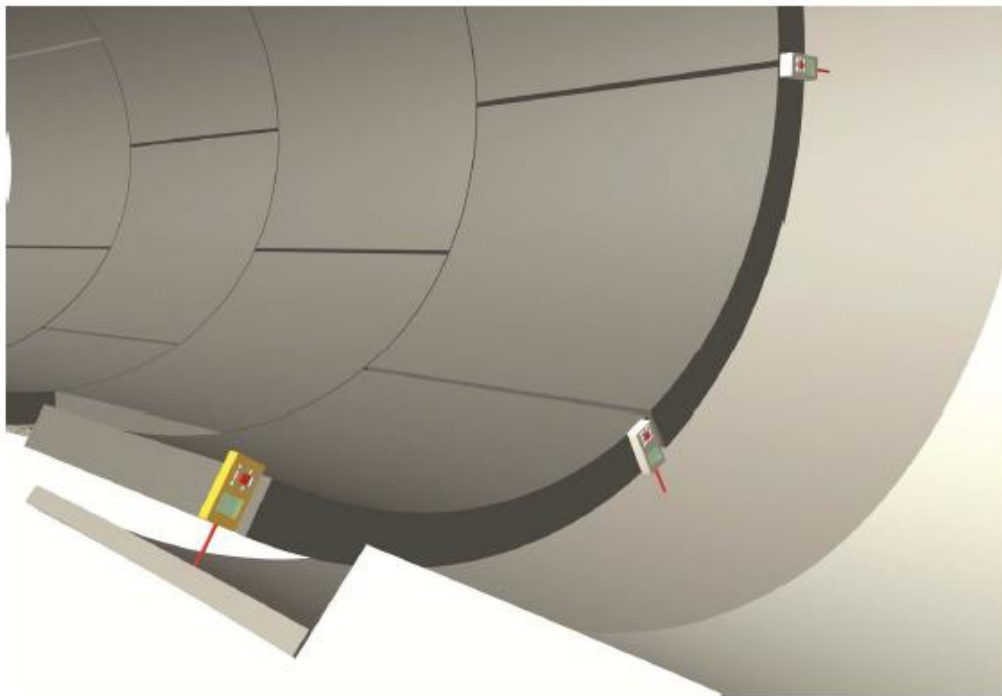


Figura 5.29.- Sistema de medición de holguras semi-automático.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Puede empezarse a realizar las mediciones al final del avance para no interferir en el desarrollo del servicio. El desarrollo del trabajo durante el avance de la máquina se representa de manera óptima mediante la combinación de los sistemas de medición semiautomática del juego entre dovela y cola del escudo y de secuenciación de anillos, y

procura una optimización de los procesos laborales gracias al cálculo activado adicionalmente de modo automático.

5.2.1.4 Sistema de registro de la presión de mortero GPSS

Los sensores de presión se encuentran en la sección transversal de cada dovela y están en contacto con el terreno mediante una perforación (Figura 5.30). Se mide la presión (en bares) en el espacio anular entre la dovela y la tierra.

Los datos obtenidos por los sensores de presión se envían a la unidad de registro de datos (Datalogger) mediante un cable.

En el ordenador de registro (por lo general el ordenador del sistema de navegación) se recogen los datos de la unidad de registro por W-LAN mediante el punto de acceso.

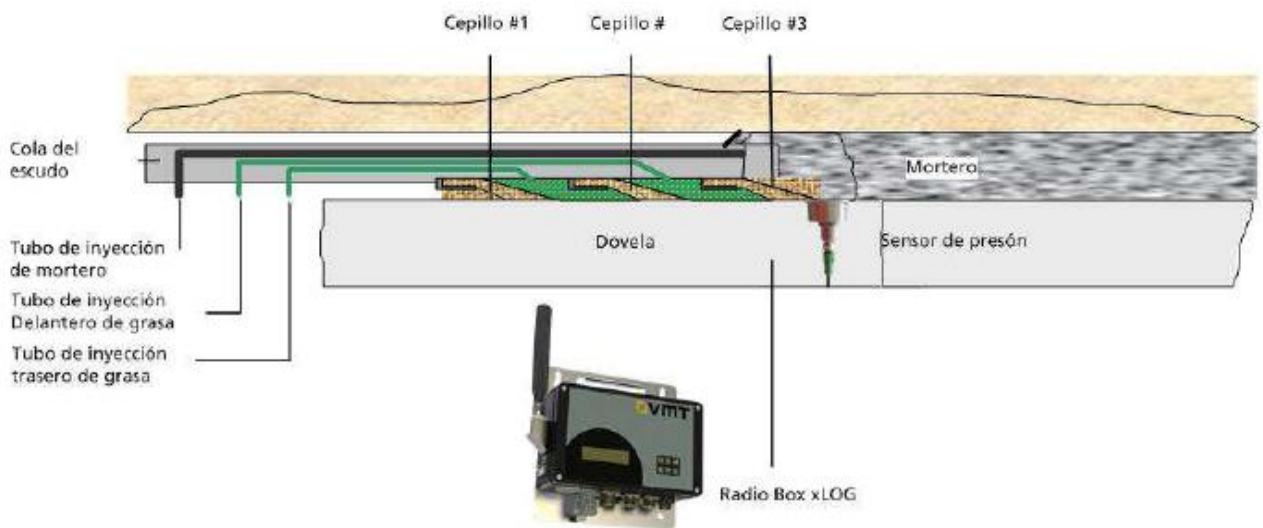


Figura 5.30.-Sistema de registro de la presión de mortero GPSS.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Dependiendo de las respectivas instrucciones del proyecto y de la infraestructura disponible en el túnel existen distintas variantes del GPSS. Todos tienen en común la separación del registro de datos y del análisis de datos.

Es posible observar varias secciones transversales de medición a la vez. Para ello se equipa cada una de las diferentes secciones transversales de medición con sensores de presión de mortero y con unidades de registro. De este modo podrán transmitirse los datos mediante un punto de acceso por WLAN a un ordenador de registro.

La configuración de la sección transversal de medición y de las conexiones de red se realizan a través de los módulos del software que funcionan en un segundo plano del ordenador de registro (por lo general, el ordenador del sistema de navegación).

Si, además, existe una conexión de red entre el ordenador de registro y la oficina de obra, existe la posibilidad de transmitir online los datos de medición a la oficina de obra.

Como diagrama se comparan la presión de los refuerzos de pilastra con la presión del mortero en la dovela. De este modo se comprueba si se ha producido una sobrepresión o una presión negativa al inyectar el mortero.

5.2.2 Micro tuneladoras

5.2.2.1 Sistema automático de lubricación de Bentonita ABLS

Para reducir la fricción en el método de inca de tubería, entre el tubo y el terreno, es necesario el uso de una suspensión, llamada bentonita. Esta suspensión se solidifica en condiciones estáticas y tiene la función de mantener la alineación de la tubería, mientras que en las condiciones en movimiento su función es lubricar el deslizamiento.

El espacio anular detrás de la máquina, creado por el corte descendiente de la máquina perforadora, se llenará con bentonita y debe conservarse durante la duración de la obra para evitar la presión de la tierra sobre la tubería. Esto reduce la presión de avance lo cual se traduce en menor tiempo y mayor posibilidad de instalar unidades de curvas. Además, ayuda a reducir el estrés en los tubos de hinca y evita daños de tuberías.

Sistema automático de lubricación de Bentonita ABLS (Figura 5.31) garantiza un suministro continuo y uniforme de lubricación para la línea de tubería, independientemente de diámetro o longitud de la tubería.

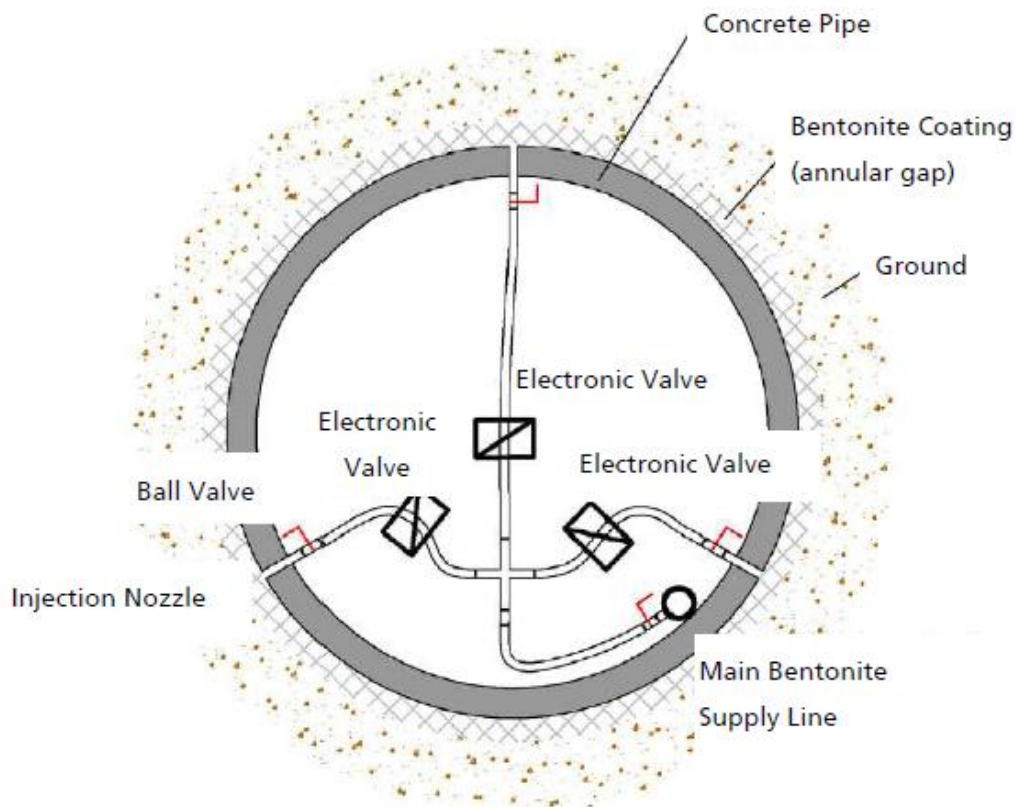


Figura 5.31.- Sistema automático de lubricación de Bentonita.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Las secciones transversales de lubricación serán suministradas de forma automática con bentonita en orden y los intervalos específicos del sistema.

Opcionalmente, el software del sistema ABLS puede controlar la bomba de bentonita para garantizar un procedimiento de lubricación eficaz.

Para determinar, la cantidad y la duración de la inyección de las válvulas individuales en el espacio anular se pueden visualizar gráficamente y numéricamente, toda la información está registrada en la base de datos y puede ser documentada.

5.2.2.2 Sistema de medición de juntas GMS

El sistema de medición de juntas GMS (Gap Measurement System) sirve para vigilar las juntas y los tramos seleccionados de los tubos durante el avance en curso (Figura 5.32).

Tres sensores de desplazamiento que son instalados en la sección tubular miden la apertura de la ranura de la junta. En los puntos kilométricos de presión principal e intermedio se miden y registran de modo permanente las extensiones y las presiones aplicadas.

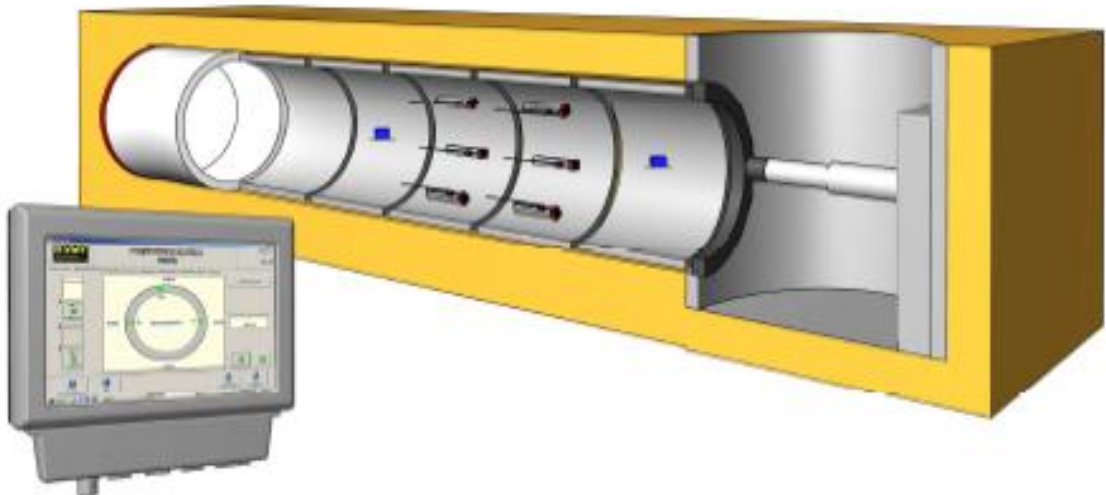


Figura 5.32.- Sistema de medición de juntas GMS.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El Sistema de Medición de Gap utiliza esta información para calcular las dimensiones de la junta en la corona, en el fondo y en el arranque, y las fuerzas resultantes de los principales e intermedias estaciones de apoyo para el gato.

El objetivo del sistema es elaborar un pronóstico fiable con la ayuda de los datos recogidos sobre la carga de los tubos y las fuerzas de presión que se esperan. Por una parte, para evitar los daños en los tubos de avance y, con ello, en el mismo producto final, y por otro lado para ahorrar costes pudiéndose reducir el uso de cilindros de expansión de puntos kilométricos si el pronóstico es favorable (Figura 5.33).

El registró de las fuerzas de presión contiguamente en los puntos kilométricos principales y cilindros de expansión hace posible la documentación completa y clara de las fuerzas calculadas online con respecto a un momento determinado y a un punto kilométrico de avance determinado.

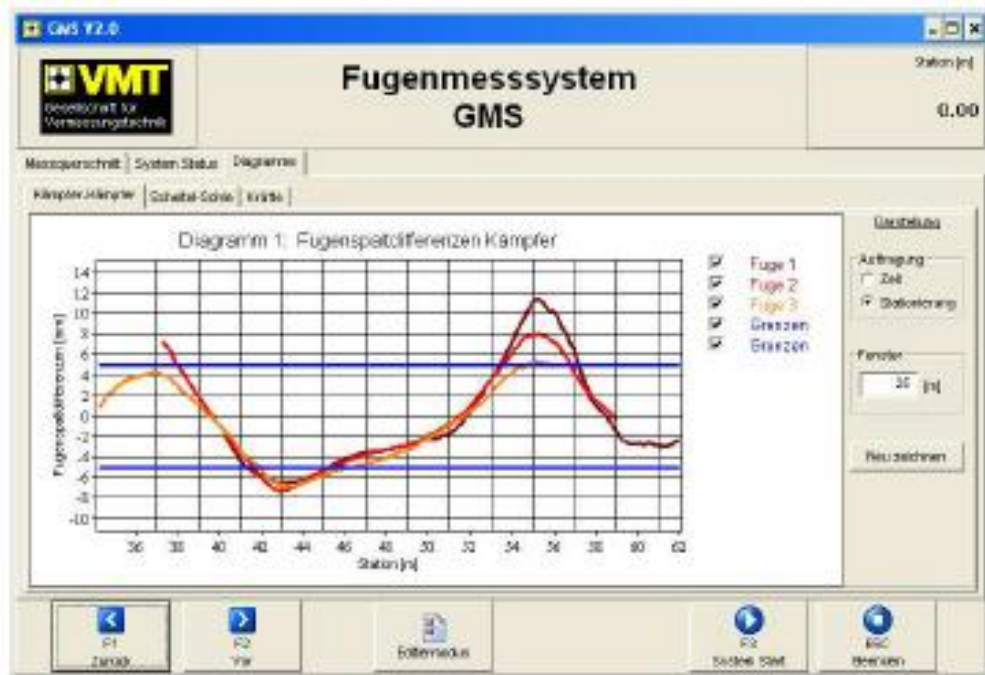


Figura 5.33.- Variación de juntas en GMS.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Los datos protocolizados por el GMS hacen que se pueda reconstruir el proceso de avance del tramo del tubo de modo casi completo y aportan una base muy amplia para otros cálculos.

5.2.3 Monitorizado de deformaciones

Para los proyectos de construcción, los requisitos para los sistemas de monitorizado en las zonas residenciales urbanizada y están en continuo aumento. El deseo de seguridad requiere riesgos para que sea detectado en una etapa temprana para evitar accidentes y daños a la propiedad.

Para la vigilancia de las instalaciones críticas y edificios, VMT GmbH proporciona sistemas de monitoreo personalizados (Figura 5.34) desde el diseño conceptual y selección de equipos y sensores de medida apropiada; a través de la instalación, la valoración inicial, el mantenimiento, hasta la retirada de nuestros sistemas, ofrecemos todos los servicios relacionados con control de deformaciones.

Nuestros expertos consideran las necesidades de los clientes individuales, así como los sistemas de monitoreo de deformación de infraestructuras, son de diseño modulares y se puede ampliar para cualquier trabajo e incorporarse en cualquier sistema existente.

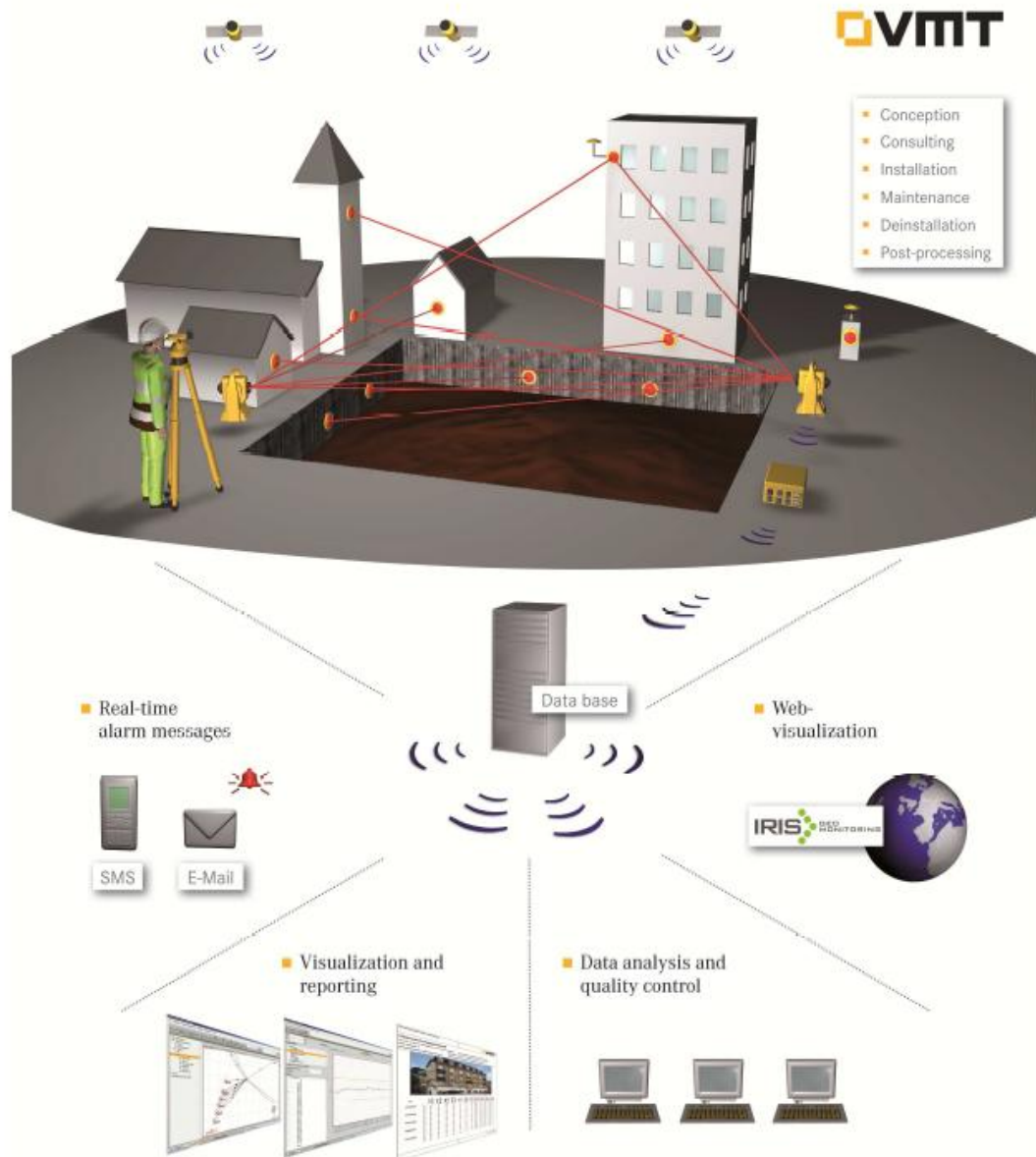


Figura 5.34.- Monitorizado de deformaciones.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Características

- Alta flexibilidad mediante el registro y procesamiento de sensores geodésicos y geotécnicos.
- Libremente escalable y robusto hardware.
- La evaluación combinada de las mediciones manuales y automáticas.
- Aviso y alarma mensajes automatizados por correo electrónico o mensaje de texto.
- Suministro eléctrico móvil para su uso en zonas aisladas.
- El control automático de la calidad que incluye la eliminación de valores atípicos.

Ventajas

- Todos los servicios de un mismo proveedor.
- Corto tiempo de reacción y líderes en servicio de gracias a una presencia en todo el mundo de la empresa.
- Monitoreo totalmente automatizado, sin influir en la operación de construcción.
- Minimización del riesgo debido a la documentación detallada y coherente.
- Reducción de costes y el esfuerzo personal con almacenamiento continuo y automatizado.
- Enlaces con los datos de proceso y de monitoreo (sensores virtuales).

Aplicaciones

- En el terreno y debajo de los edificios, instalaciones de infraestructura.
- Estructuras de ingeniería civil como puentes, torres, o túneles.
- Presas del río o presas.
- Laderas inestables y volcanes.
- Pozos de excavación y barreras de seguridad.

Las premisas el monitorizado se encuesta al inicio del proyecto. Lo ideal sería que esto se inicie el monitorizado antes de que comiencen las actividades de construcción para tener en cuenta los planos existentes, como mapas, documentos de licitación u otros documentos.

Los datos y la información obtenida de estos documentos se utiliza para crear el catálogo de requisitos para el sistema de control de deformaciones de VMT en estrecha colaboración con nuestros clientes. Las condiciones básicas de los proyectos, por ejemplo, la técnica de medición utilizada, la ubicación e instalación de los puntos de la encuesta, así como la realización y evaluación de la medida son sólo algunos de los detalles que se establezcan en esta etapa.

El software de control de deformaciones de Tunis es un sistema modular utilizado para gestionar y evaluar datos manuales o automáticas de monitoreo con respecto a la posición y elevación. Los datos de las estaciones totales, dispositivos de nivelación, o receptores GNSS pueden ser procesados y analizados.

Los valores recogidos dentro de la red geosensor se almacenan en una base de datos central donde se procesan y se envían a un número predefinido de personas a través del software de control de deformaciones de Túnez. Los valores medidos también pueden ser proporcionados por los sistemas de terceros. Control de deformaciones de Túnez está disponible como una versión independiente o como un servidor configurado / versión Túnez Oficina cliente.

Los resultados de las mediciones son accesibles para el usuario, como informes, gráficos de proyectos y diagramas de la encuesta. Los valores de medición, los cálculos de control de calidad y la documentación correspondientes se almacenan en una base de datos SQL.

Una vez que los límites predefinidos se superan o se producen fallos en el sistema, el software de control de deformaciones Túnez envía mensajes de alarma a través de SMS o e-mail a todas las personas pertinentes. Del mismo modo, existe la opción de llevar a cabo las funciones necesarias de una forma totalmente automatizada.

Características de rendimiento

- Gestión de redes manuales o automáticas de monitoreo con respecto a la posición y elevación.
- Evaluación del GNSS múltiples, dispositivos de nivelación, y las estaciones totales con un máximo al día los métodos de ajuste de la red.
- Análisis de los resultados y el control de calidad según la norma DIN 18710.
- Informes exhaustivos y visualización de funciones.

Beneficios

- Algoritmos matemáticos avanzados para el cálculo y la evaluación de la precisión y la fiabilidad de los resultados.
- Métodos estadísticos para la detección de puntos de referencia inestables.
- Interfaces intuitivos con IRIS (Sistema Integrado de Información y riesgos).
- Diseño conceptual, programación, configuración, instalación y soporte de un proveedor.

5.3 Sistemas de gestión de la información

5.3.1 Iris (Integrated risk and information system) Sistema de integración de riesgos e información

Es una única solución de software para la gestión de datos integrada de proyectos de infraestructura (Figura 5.35). IRIS ofrece acceso a los datos y el procesamiento de todas las partes del proyecto en un solo vistazo.

Construcción de túneles utilizando tuneladoras representa una cadena de procesos de alta complejidad. Estos procesos generan gran cantidad de datos que se puede utilizar para el monitoreo, reporte y análisis. IRIS tunnel es un sistema de gestión de datos de proceso (PDM), desarrollado específicamente para el control de datos y el análisis de los datos generados por el túnel TBM.

La empresa de ingeniería ITC en cooperación con VMT GmbH desarrolla sistemas de software para las empresas de ingeniería civil y de sus equipos en obra para la gestión de datos, así como el análisis de datos. IRIS tunnel ha sido desarrollado como un sistema de gestión de datos de proceso basado en la web con el fin de administrar los sitios de construcción de túneles de manera más eficiente.

IRIS ofrece las siguientes ventajas:

- La integración completa de información general del proyecto, los datos de los procesos en curso, calendario de construcción, información geológica, mediciones, condiciones geotécnicas en un único sistema de base de datos.
- Evaluación de datos en curso durante el proceso de construcción.
- Transparencia mediante la presentación de datos complejos en informes estandarizados y gráficos.

- Informes y herramientas de análisis definidos por el usuario. El usuario puede añadir sus propios módulos de análisis de IRIS con el fin de obtener soluciones a medida.
- Sistemas de alarma integrados para todas las mediciones que se adquieren por el sistema IRIS.
- Acceso mundial a los datos del proyecto en curso o terminados, almacenados en un sistema de base de datos basado en la web.
- Informes normalizados reducen el papeleo diario del equipo en obra y proporciona un único informe estándar sobre la totalidad del proyecto.

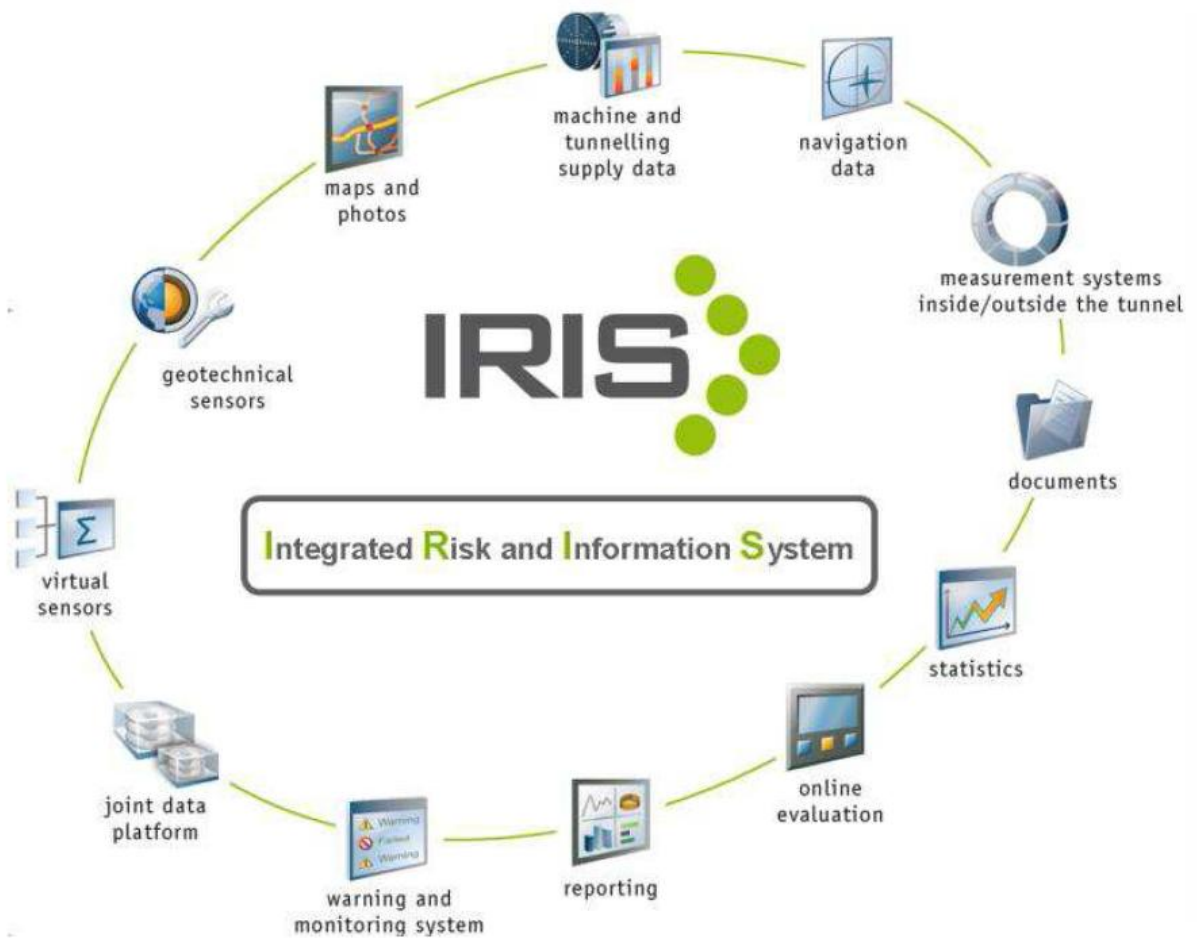


Figura 5.35.- Iris sketch.

Fuente: ITC engineering (2013).

Los sistemas de gestión de la información, son sistemas modulares que se desarrollan para todo tipo de construcciones de ingeniería adaptándose a las particularidades de cada una de ellos, hasta el momento se han desarrollado sistemas para:

- IRIS Tunnel.
- IRIS Microtunneling.
- IRIS Mining.

- IRIS Geomonitor.
- IRIS Foundation.

Aunque sea un sistema modular hay muchas características en común entre las diversas versiones y son las que se explicaran a continuación:

IRIS genera automáticamente resúmenes e informes (Figura 5.36). Los informes están disponibles para periodos diarios, semanales y mensuales. IRIS ofrece una rápida visión general y detallada sobre tasas de avance, la duración y las causas de los tiempos de parada, etc.

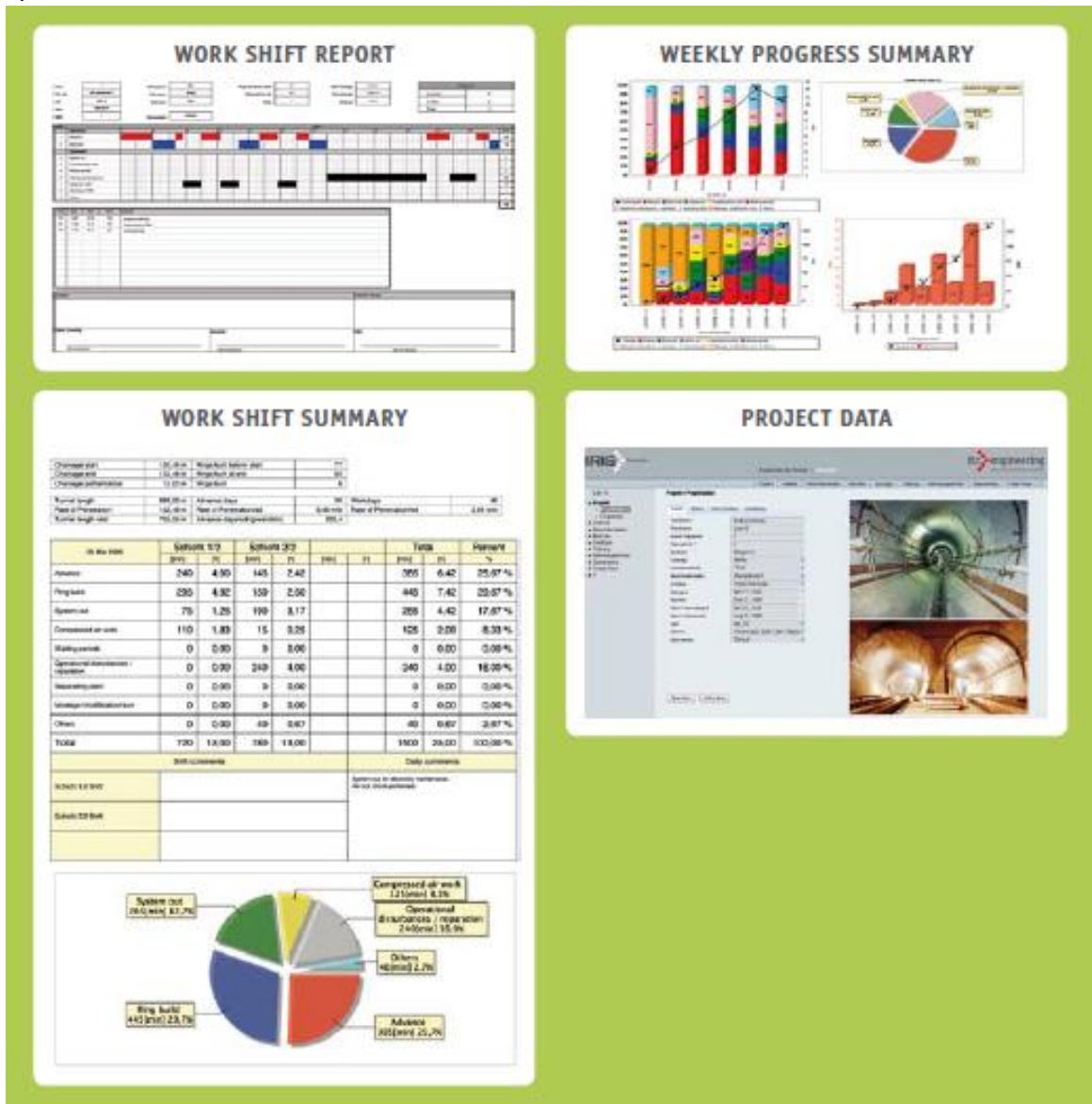


Figura 5.36- Informes de rendimiento de los turnos de trabajo.

Fuente: ITC engineering (2013).

Turnos de trabajo

- Diarios/informes de turnos semanales/mensuales.
- Informe de ejecución.
- Evaluación tiempo de inactividad.

Listado de inventario y mantenimiento

- Posición de las dovelas.
- Gestión de daños en dovelas o segmentos completos.
- Gestión de herramientas de corte.
- Gestión de consumibles.

IRIS es una herramienta de trabajo para analizar los datos durante el proceso de construcción y también se puede utilizar para evaluar los proyectos después de su finalización. IRIS permite al usuario la comparación y correlación de datos de proceso TBM, datos geológicos, datos de turnos de trabajo, datos de la planta de tratamiento (Figura 5.37).

- Datos de proceso TBM.
- Desplazamiento de datos.
- Geología.
- Planta de lodos.
- Desgaste de la herramienta de corte.
- Análisis objetivo de rendimiento.
- Asentamiento del terreno.

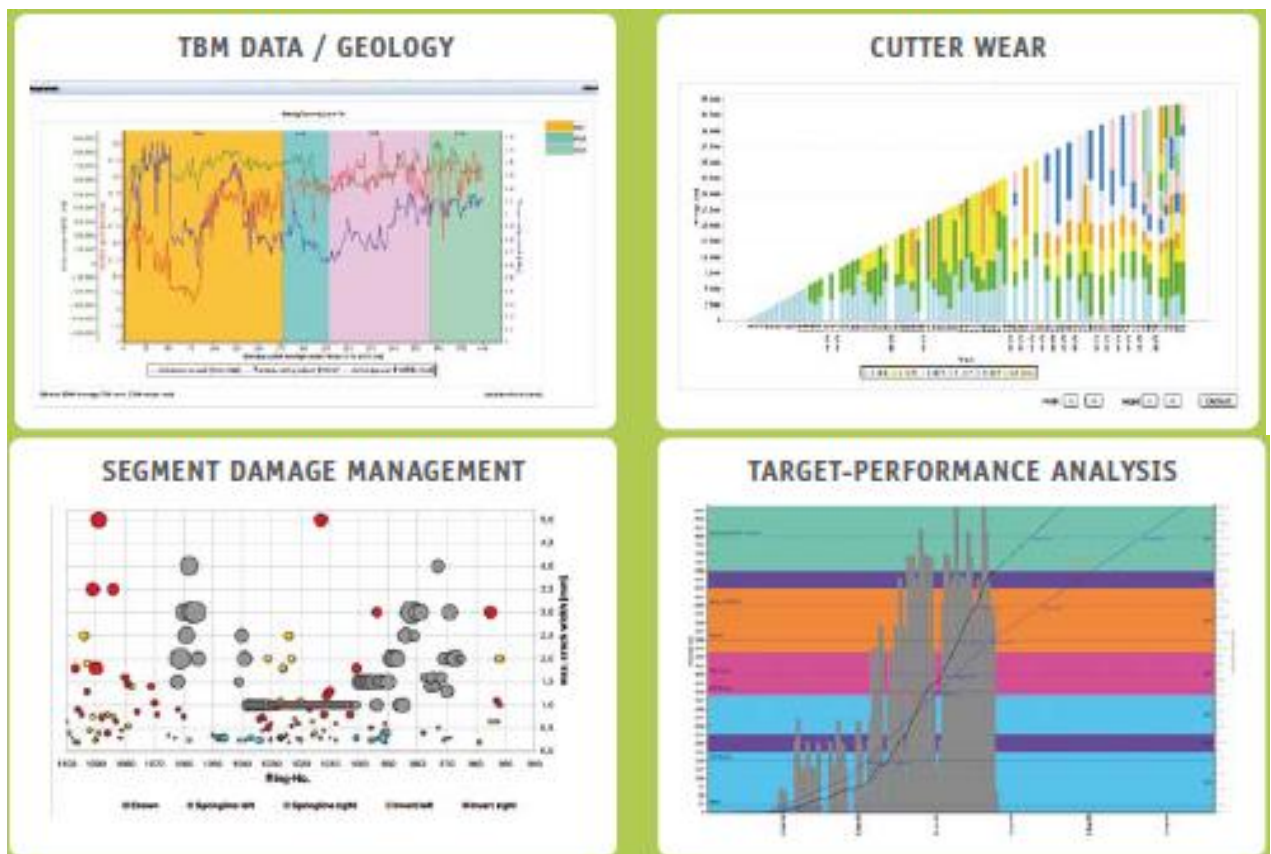


Figura 5.37- Herramientas de análisis.

Fuente: ITC engineering (2013).

IRIS proporciona herramientas de visualización integrales para el acceso instantáneo a los datos de navegación, geotécnicos y de monitoreo (Figura 5.38).

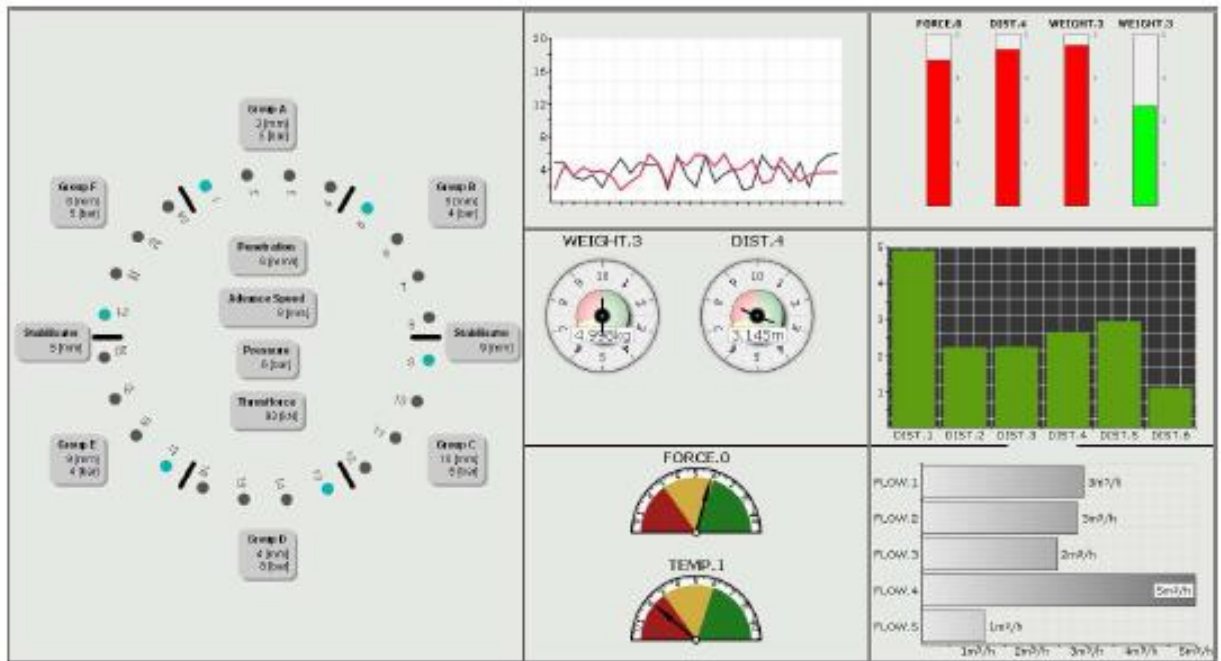
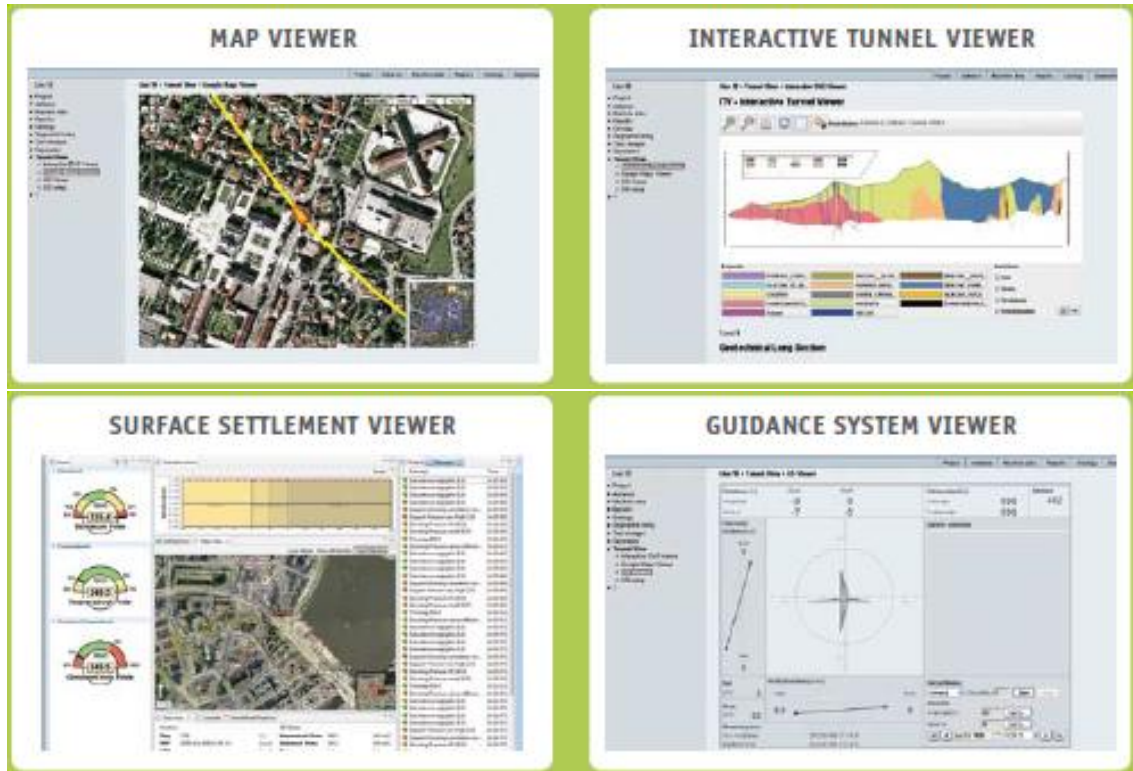


Figura 5.38- Visualizaciones.

Fuente: ITC engineering (2013).

El asentamiento del terreno y su influencia en los edificios existentes es una de las principales preocupaciones de cualquier proyecto de túnel urbano.

La combinación de IRIS.tunnel con IRIS.geomonitoring (Figura 5.39) integra mediciones liquidación (nivelación precisa, estación total, el agua del sistema de células de liquidación, etc) y los datos de TBM en una sola plataforma de datos. Esto permite instantánea de valoración transversal del asentamiento de la superficie y la construcción, con especial atención a:

- Evaluación de pérdida de volumen en tiempo casi real.
- La comparación con valores límite.
- Comparación con los valores esperados.
- Función de alarma.
- Correlación entre los datos del monitorizado y la perforación de la tuneladora.

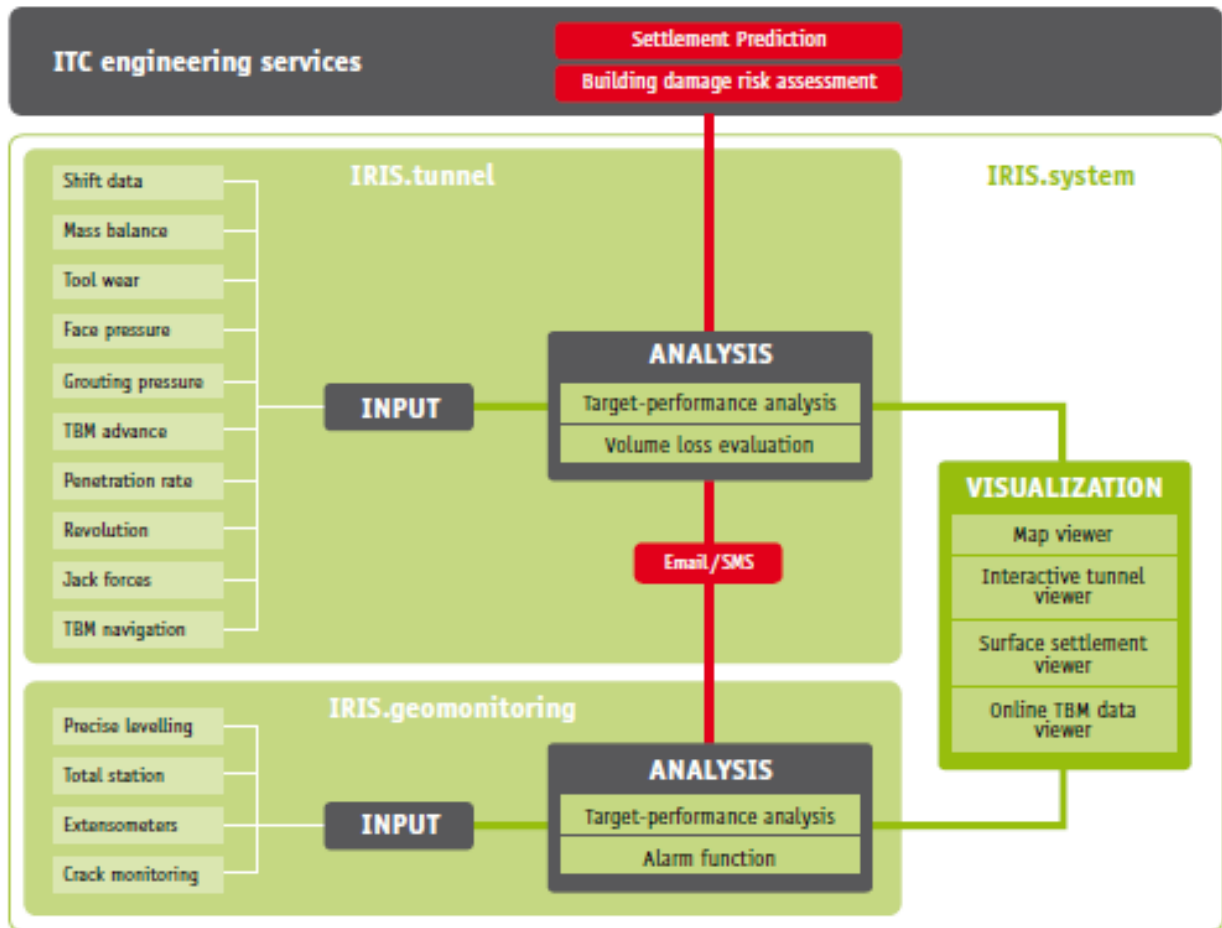


Figura 5.39.- Control de asentamientos.

Fuente: ITC engineering (2013).

Un requisito clave para cualquier sistema de almacenamiento centralizado de datos es la protección de datos y seguridad (Figura 5.40). IRIS.tunnel utiliza características de seguridad modernas para proteger todos los datos y evitar un acceso no autorizado.

- Las conexiones seguras.
- Autenticación segura.
- Hardware y firewalls de software.
- Cifrado de datos.
- Servidores separados.
- Redundancia de servidores.
- Copias de seguridad automatizadas.



Figura 5.40.- Gestión de derechos y privilegios en el sistema.

Fuente: ITC engineering (2013).

Estos sistemas proporcionan el más alto nivel de seguridad de datos y acceso a datos fiables. Una gestión modular derechos de usuario y de acceso dentro de la aplicación proporciona a los usuarios autorizados el acceso a los módulos de software seleccionados.

Este control de cuenta de usuario se puede adaptar de forma flexible según las necesidades de cada proyecto. Esto simplifica la organización del acceso del usuario dentro de la construcción de empresas conjuntas.

5.3.2 Sistema de gestión de perfiles

El sistema de gestión de perfiles (Figura 5.41) es un programa que permite la visualización y el análisis de todos los datos medidos que surgen de un túnel convencional. Con esta estructura flexible, el programa permite procesar diferentes tipos de datos. Esto incluye datos de producción de rozadoras, carros de perforación, datos de los sistemas de navegación, así como mediciones de estaciones totales y escáneres láser.

Diferentes formatos de archivos son compatibles y se pueden compilar en un archivo claramente estructurado con el uso de atributos y comentarios. Basado en secuencias de comandos de análisis adaptados individualmente, estos datos se pueden mostrar junto con la banda de la alineación y perfil.

La representación numérica y gráfica de los perfiles inferiores y superiores en la sección transversal del perfil o vista 3D. También es posible comparar las medidas obtenidas con una estación total o un escáner láser con el conjunto de perfil o con los datos de producción del sistema de navegación y tener las diferencias mostradas.

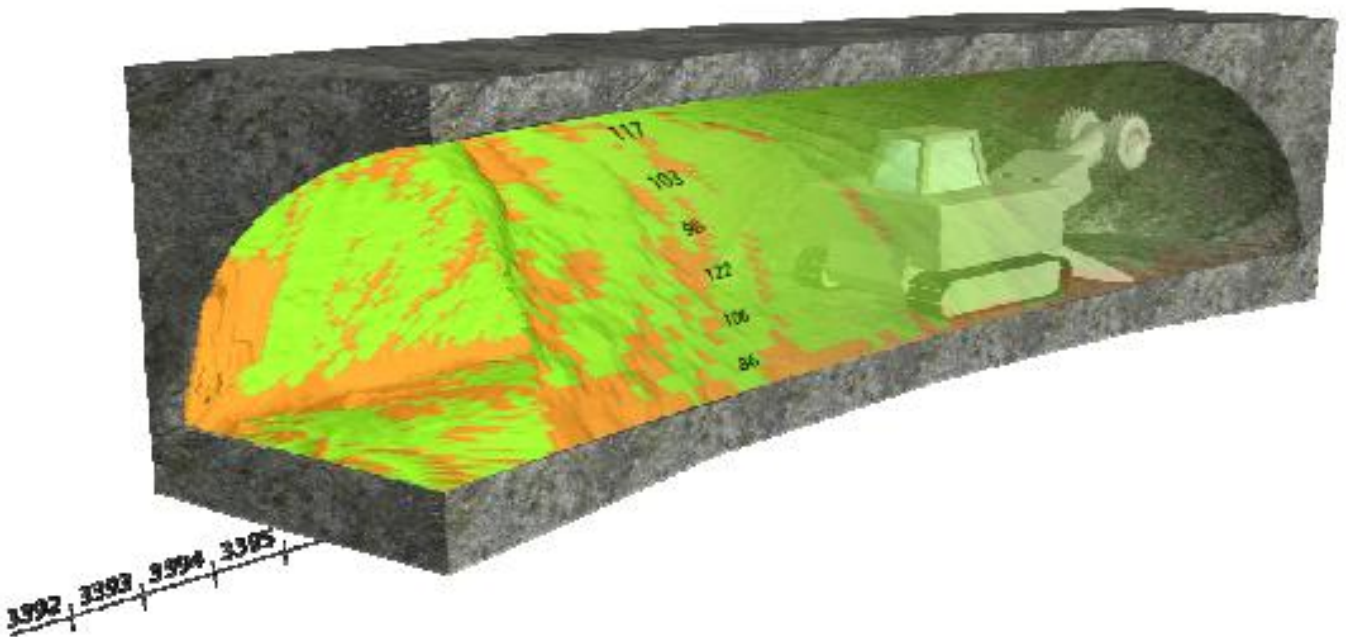


Figura 5.41- Gestión de perfiles corte con perforadora.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Las secuencias de comandos de análisis utilizados mismos consisten en varios módulos, que permiten a los nuevos scripts para ser producido de forma sencilla y sin gran esfuerzo de programación, y también les permite adaptarse a los requerimientos especiales de los clientes.

Usando los datos de producción del sistema de navegación para carros de perforación, también se registran la posición del bulonado (Figura 5.42) y se muestran relacionadas junto con el perfil establecido.

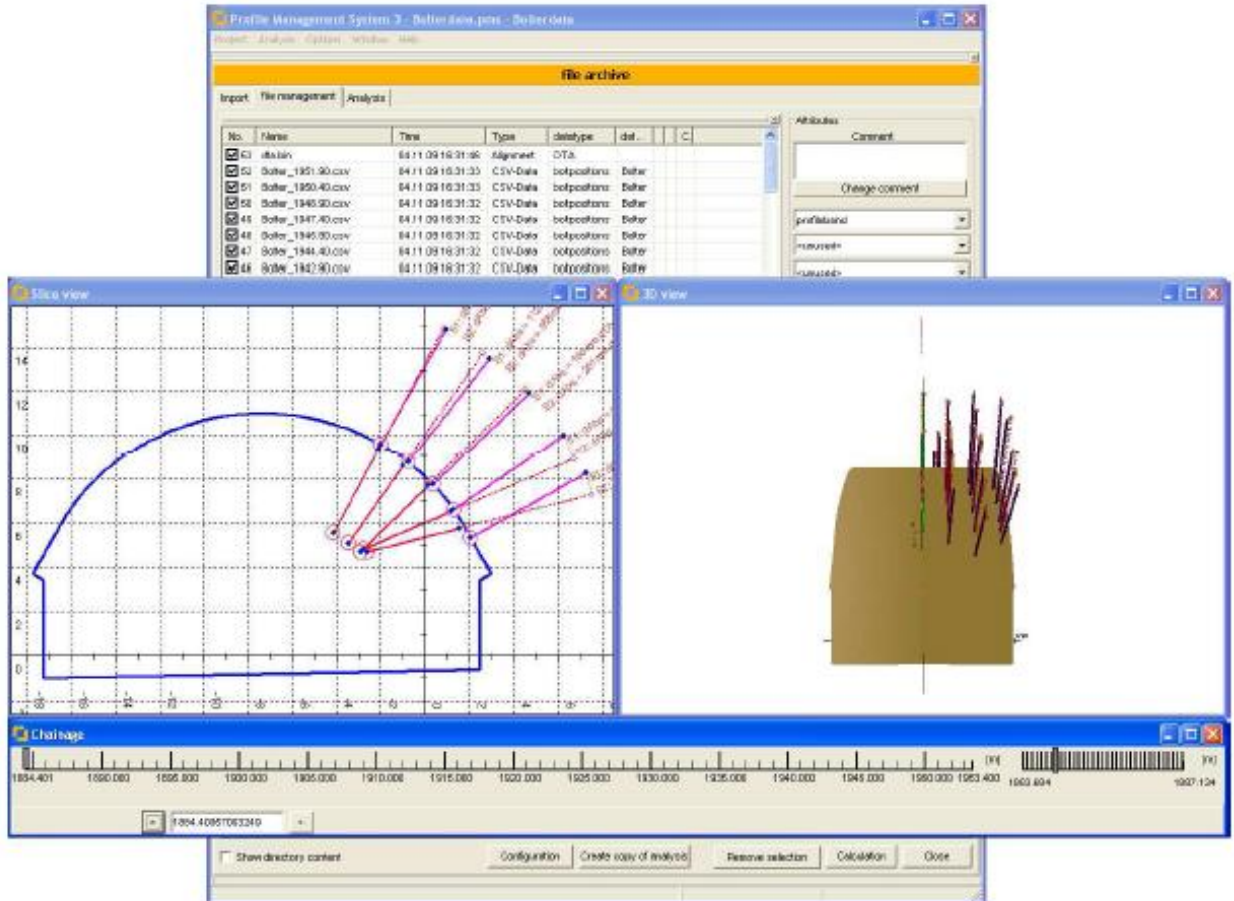


Figura 5.42- Gestión de perfiles y posición de bulonado.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Los resultados se muestran numérica y gráficamente, con una vista 2D para la corriente de sección transversal de perfil y una vista en 3D de la sección del túnel corriente disponible.

El perfil excavado puede demostrarse usando los datos de producción del sistema de navegación SLS rozadora. El casco calculado en el sistema de navegación SLS rozadora de todos los puntos de contacto de la herramienta de excavación se utiliza como base.

Los perfiles inferiores y superiores se pueden reconocer fácilmente con el resaltado de color (Figura 5.43).

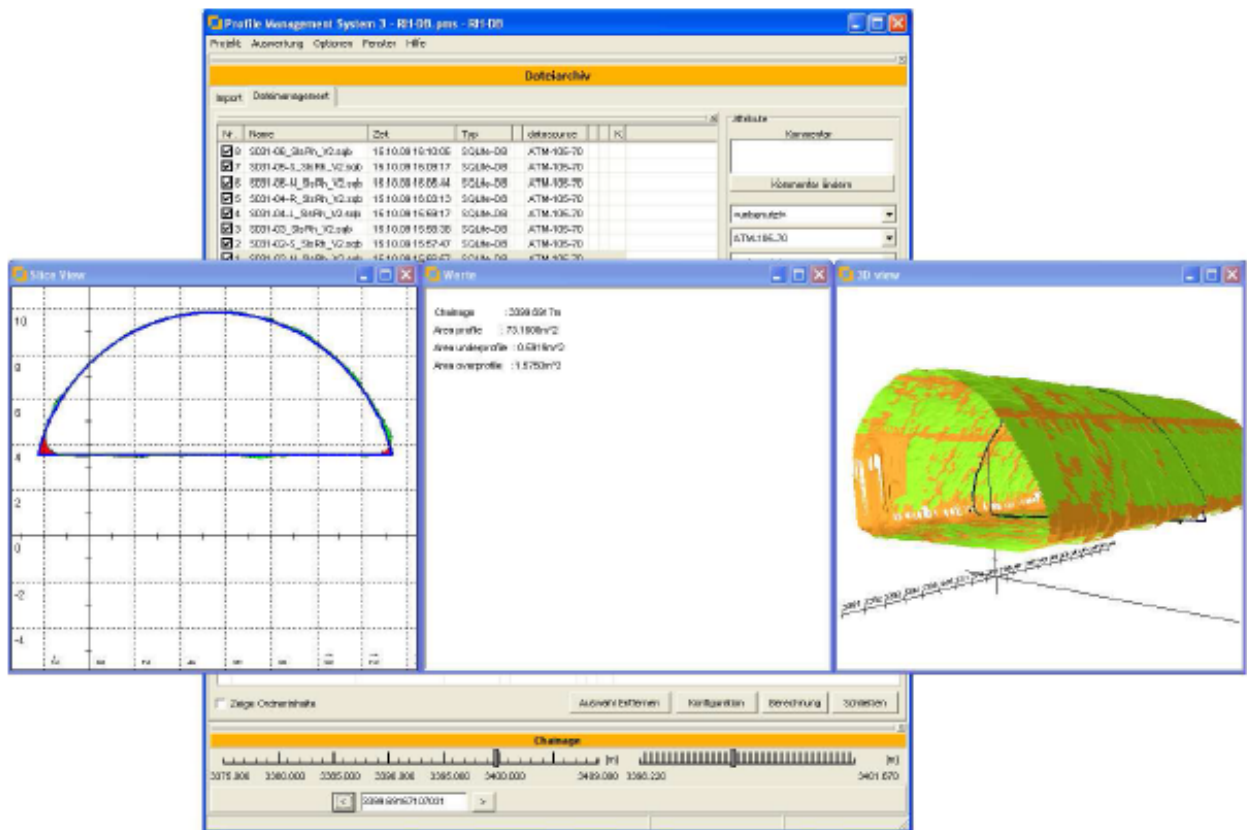


Figura 5.43- Análisis de datos producción del sistema de navegación para rozadoras.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Las distancias entre los puntos individuales en comparación con el conjunto de perfiles y otras características de punto también se pueden visualizar y editar. Los resultados de la vista 2D se pueden imprimir utilizando un administrador de impresión.

5.3.3 Sistema de documentación de dovelas

En proyectos de túneles en todo el mundo, cientos de segmentos se instalan todos los días para crear tubos del túnel pequeños o grandes. Además de flujo de producción del segmento suave, la recopilación de datos durante la producción es cada vez más importante. Para abordar este problema, VMT GmbH ha desarrollado un sistema de gestión modular para la recogida de datos de producción (Figura 5.44). Desde la simple recolección de datos utilizando escáneres portátiles a los sistemas de control integrales para la producción de segmentos que incluyen la gestión de inventarios, transporte y adquisiciones, hay un sistema para hacer todo esto el SDS, Sistema de Documentación de dovelas.

Características

- La recopilación de datos de producción y operación, los movimientos de material, y la solución de los tiempos.

- Fábrica de Vista: documentación de calidad, gestión de la verificación, la presentación de informes, cifras clave y estadísticas.
- El archivo de datos.
- SDS es un sistema cliente-servidor. Dependiendo de los requisitos del cliente, se pueden utilizar varios clientes.

Beneficios

- Aseguramiento de la calidad (entrante, la fabricación, y las inspecciones previas a la entrega, la identificación de las desviaciones).
- Términos y plazos se mantendrán.
- La transparencia y la seguridad por medio de la documentación completa y claramente estructurado de todas las etapas de fabricación.
- Optimización de la capacidad de almacenamiento.
- El diseño modular también permite al sistema adaptarse a diferentes requisitos
- Planificación de la producción.
- Soporta diferentes lugares de producción y sitio de construcción por los servidores de bases de datos en red.

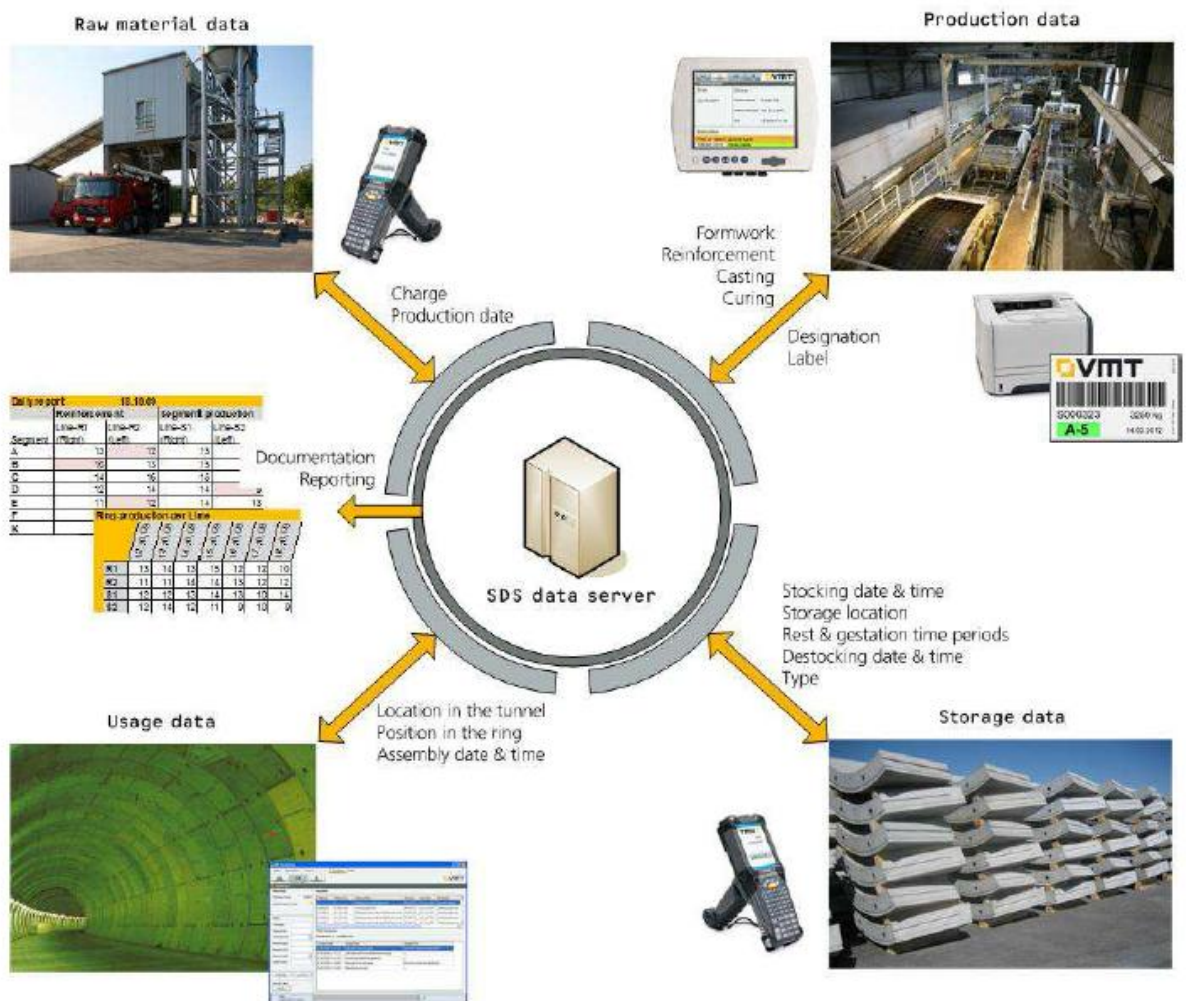


Figura 5.44- Sistema de documentación de dovelas.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.3.3.1 Principio de operación

El SDS se utiliza para la producción y la instalación de los segmentos y otras partes de hormigón prefabricado en el sitio. Todos los métodos de producción, los bienes industriales y herramientas de producción se identifican y documentan de manera efectiva el uso de etiquetas de código de barras o etiquetas RFID. El SDS se puede utilizar con una producción prevista para minimizar las capacidades de almacenamiento necesarias y por lo tanto permite al usuario reducir los costes de almacenamiento y de trabajo.

En todas las etapas de fabricación, el registro coherente se realiza con fines de garantía de calidad. Gracias a las capacidades de presentación de informes y estadísticas automáticas, el usuario obtiene una visión general de todo el proceso de fabricación y se puede realizar un seguimiento de los plazos y las especificaciones técnicas. Del mismo modo, SDS ofrece el archivado a largo plazo y la gestión de documentos. Si es necesario, el control de la producción se puede acceder en cualquier momento para hacer modificaciones.

SDS está estructurado de forma modular (Figura 5.45), tiene un menú multilingüe, y puede ser configurado individualmente para una tarea en particular. El sistema es capaz de manejar tanto estacionaria así como la producción en cadena. El usuario puede decidir utilizar estaciones de operaciones móviles o remotas.

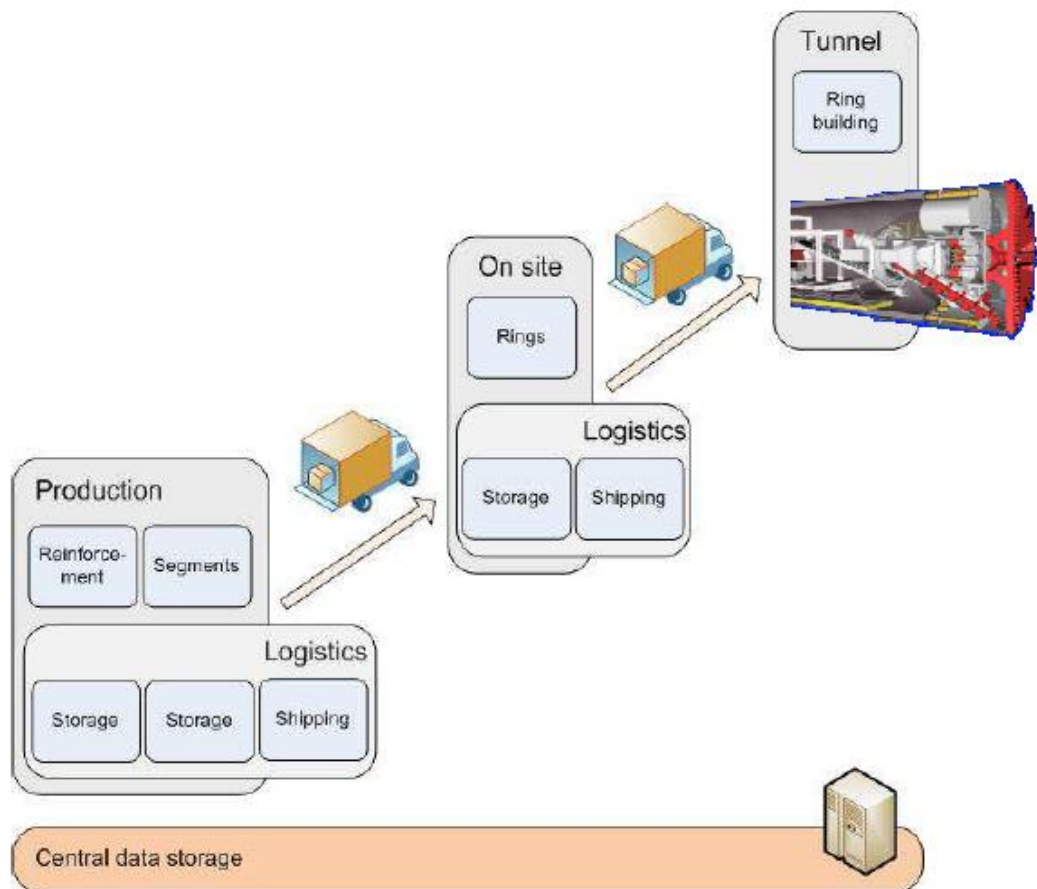


Figura 5.45- Gestión de la cadena de suministro.

Fuente: VMT GmbH (2014).

SDS soporta varias opciones de almacenamiento. En la versión básica SDS, el inventario no se gestiona, es decir, el SDS no sabe ubicaciones de almacenamiento individuales. Sólo la colocación, extracción de las dovelas y el registro el almacenamiento.

En una versión personalizada, el inventario es manejado de forma que el SDS define y registra todas las actividades de inventario. Para lograrlo, el SDS conoce todos los lugares de almacenamiento y reglas y es capaz de informar con claridad sobre los lugares de almacenamiento, el contenido y la utilización. Utilizando esta configuración, el SDS puede también usarse para controlar una grúa.

5.3.3.2 SDS Producción

Este módulo recoge todos los datos importantes del proceso que resultan directamente de la producción de un segmento. Por lo tanto todo el proceso de producción se documenta constantemente. Cada operación manual y cada paso del proceso es recogida por el sistema que utiliza sensores. El sistema es compatible con la creación de etiquetas para identificar de forma única y el seguimiento de los segmentos de más o de otras partes de hormigón preparado producidos.

Producción del hormigón armado

- Comprobar que los códigos de la plantilla (Figura 5.46).
- Verificación del correcto etiquetado.
- Marcando del armado incorporado.
- Registro de la etapa de producción.

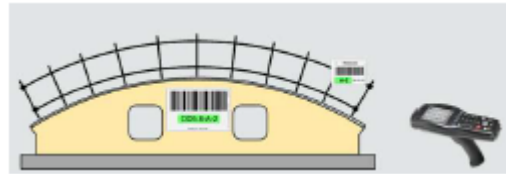


Figura 5.46.- Producción del hormigón armado.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Preparación de los moldes

- Escaneado de códigos de los moldes (Figura 5.47).
- Registro de los preparativos de molde. (Limpiado, engrasado, preparación de piezas).

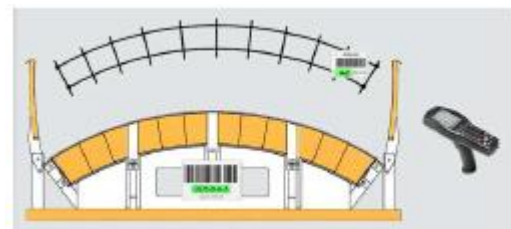


Figura 5.47.- Preparación de los moldes.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Moldeo

- Escanear el código de barras del molde y de refuerzo (Figura 5.48).
- La verificación de que el armado coincide con el molde.
- Montaje de la armadura y el moho.
- Registro de la etapa de producción.

Figura 5.48.- Moldeo.

Fuente: VMT GmbH (2014).



Hormigonado

- Escanear el código de barras del molde y albarán correspondiente (Figura 5.49).
- Almacenamiento del tiempo de hormigonado y compactado.
- Registro de la etapa de producción.

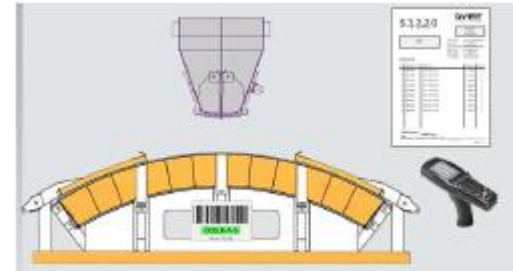


Figura 5.49.- Hormigonado.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Desencofrados

- Escanear el código de barras del molde y segmentos (Figura 5.50).
- Verificación de que la etiqueta de la dovela coincide con el segmento en el molde.
- La colocación de la etiqueta segmento.
- Registro de este paso de producción.



Figura 5.50.- Desencofrado.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.3.3.3 SDS Almacenamiento

Además del módulo de producción, el módulo de almacenamiento combina y realiza los datos previamente almacenados por procesos clave de transporte y gestión de inventario en el sitio. Además, los tiempos de almacenamiento de registros de base de datos y las ubicaciones de los segmentos y sus rutas de transporte hasta su instalación en el túnel.

Transporte y almacenamiento

- Soporte para diferentes protocolos y estrategias de almacenamiento, por ejemplo: FIFO "First In - First Out" (Figura 5.51).
- Escanear el código de barras del lugar del almacenamiento y el segmento.
- Seguimiento de los tiempo de almacenamiento y curado.

- Registro de todas las actividades de almacenamiento de las dovelas.

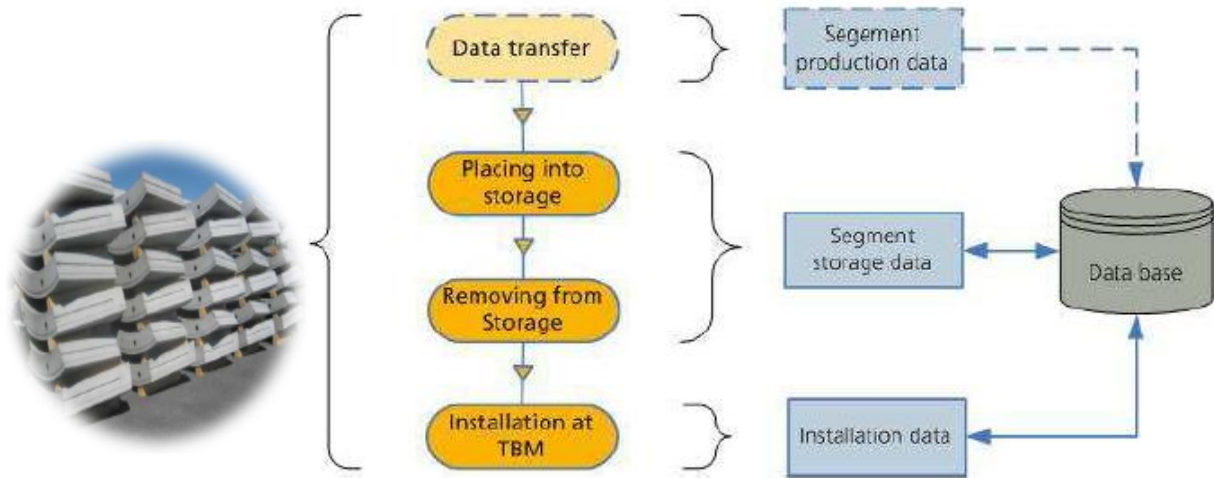


Figura 5.51.- estrategias de almacenamiento.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.3.3.4 Software

El software desarrollado para plataformas de Windows el usuario se beneficia a través de la gestión de datos centralizados, así como mediante la visualización de todos los datos recogidos. Se proporciona un Interface intuitiva, cambio de idioma y el diseño uniforme a través de los módulos (Figura 5.52).

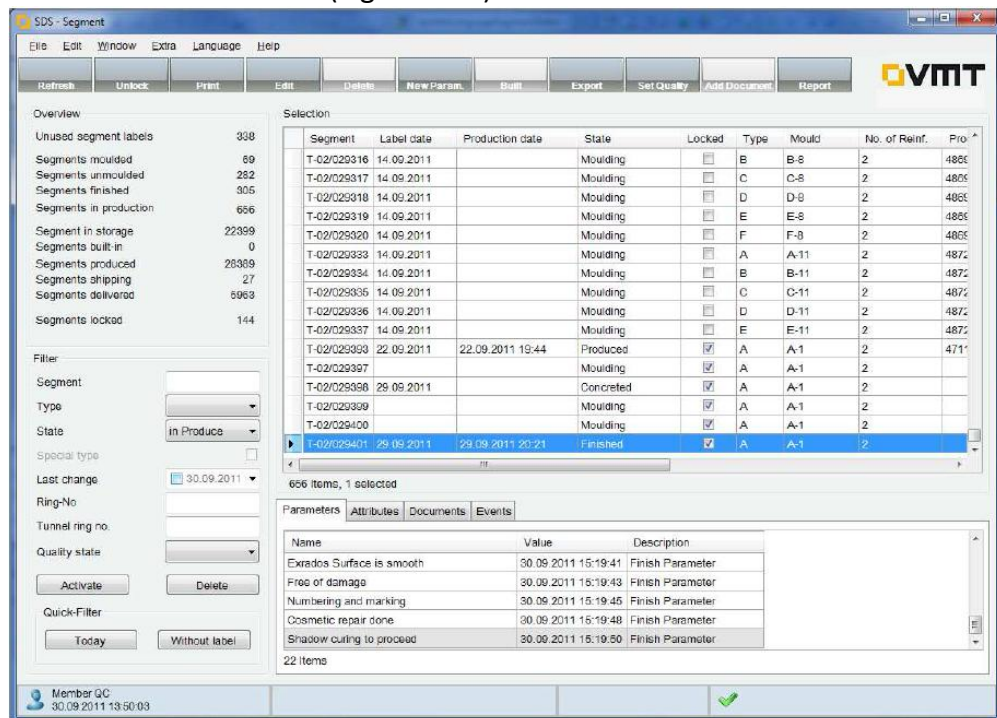


Figura 5.52- SDS Software.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El sistema puede ser adaptado a casi cualquier necesidad por medio de módulos de expansión, como la gestión de almacenamiento, que se puede ampliar con el uso de estrategias de almacenamiento de variables; la gestión mediante interconexión a sonar, geometría de alineación o interconexión a los sistemas de planificación de recursos empresariales para la comparación de masas; los usos de material de salida de producto y todos los documentos existentes que pueden ser gestionados. Desde una biblioteca de las funciones de informes, el usuario puede estar provisto de las figuras clave y pantallas necesarias.

5.3.3.5 Análisis

La gestión de datos

La gestión de datos permite que los datos de proceso externas que se almacenen y se evalúan de una manera específica del segmento.

- Datos geométricos (moho, segmento): confirmación de la exactitud dimensional de las piezas.
- Los datos climáticos (temperatura, humedad del aire): conclusión sobre el proceso de endurecimiento.
- Datos compactador (frecuencia, duración): conclusiones sobre el aire atrapado y la densidad concretos alcanzados.

La gestión de documentos

Este módulo se utiliza para archivar y gestionar los datos externos. Estos datos incluyen tanto los datos digitales (informes, imágenes, etc.) y los documentos de papel escaneados. Estos datos pueden ser asignados a los segmentos y recuperó más tarde.

EL escaneado de una etiqueta SDS crea un registro asociado en la gestión de datos SDS. Una cámara incorporada en el cliente del operador móvil (escáner) puede ser usado para crear una documentación gráfica en cualquier momento.

- Fácil de usar y ahorra tiempo de recogida de daños y otra información pictórica.
- Asignación clara y libre de errores.
- Documentación daños.

Informes

Las características están diseñadas para resumir los datos requeridos en los informes.

- Impresión de los datos clave de producción y los datos de producción del dovelas.
- Visualización de los inventarios.
- Los informes pueden ser creados: diaria, semanal, mensual.

5.3.3.6 Interfaces

- Proveedores de hormigón: la recepción de todas las materias primas y los datos de mezcla.
- Sistema de circulación: la recepción de datos automático y la asignación de los datos de hormigonado (molde de hormigonado, el tiempo de compactación, etc.).
- Túnez Secuenciación de anillos: planificación y los requisitos para la producción de segmento optimizado.
- IRIS.tunnel: la interconexión entre los datos SDS y datos de túneles.
- Importación de datos en CSV y el formato de exportación.

5.3.3.7 Hardware

El Ordenador móvil es muy adecuado para ser utilizado en las obras de construcción del túnel debido a su protección (IP65). Las actividades de los usuarios se pueden configurar como se desee. Cada ordenador se puede utilizar fácilmente y directamente para todos los procesos y devuelve información inmediata al usuario.

Las etiquetas (Figura 5.53) utilizadas son resistentes al agua, resistente a los UV y están disponibles con código de color como una opción. Ambas etiquetas tienen protección contra el moho son adecuados para impresoras láser o de la etiqueta y tienen un adhesivo especial para superficies con polvo o humedad.

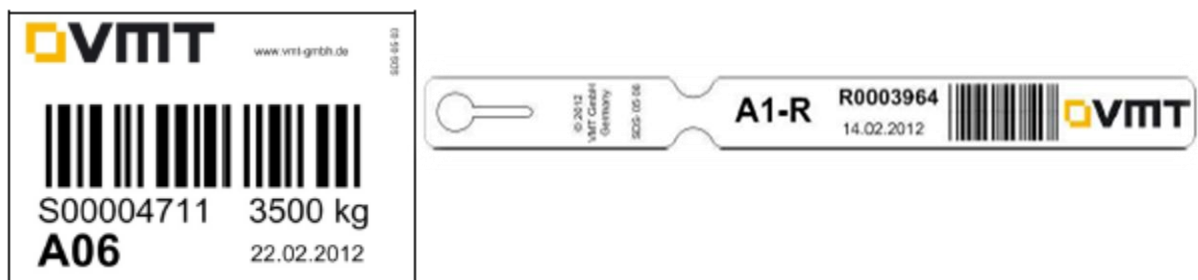


Figura 5.53.- Etiquetas SDS.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.3.4 Medición industrial de moldes y dovelas

Los moldes de túneles y segmentos son medidos mediante seguimiento láser para determinar las geometrías 3-D de los moldes y los segmentos y las desviaciones resultantes a los valores diseñados en comparación con las tolerancias requeridas.

Hasta 12 moldes o 18 dovelas pueden medirse en 8 h de desplazamiento variable en función del tamaño de los moldes o dovelas y las geometrías de trabajo requeridas. Segmentos podrían medirse en pilas de tres o más segmentos, limitados a una altura de la pila de aproximadamente 2 m.

El láser tracker CMM portátil (de API, Faro o Leica) es un sistema en 3D de coordenadas de la medición. Los principales componentes del sistema son la cabeza del sensor, el cable del controlador, el motor y el sensor, una aplicación PC con el cable LAN y un reflector triple espejo (Figura 5.54).

La cabeza del sensor lee la información de ángulo y distancia. Eso implica que el jefe perseguidor gira alrededor de dos ejes ortogonales. Cada eje dispone de un codificador para medir el ángulo y un motor alimentado directamente DC para permitir el movimiento controlado de forma remota.

La cabeza del sensor contiene un interferómetro láser para medir distancias absolutas. El haz de láser se dirige a un reflector a través de un espejo montado en la intersección de la inclinación del eje y el eje de rotación.

El rayo láser también sirve como eje de colimación del instrumento. Un sensor de la foto de dos ejes (PSD) al lado del láser recibe una parte del haz reflejado, permitiendo que el seguidor para seguir el reflector.

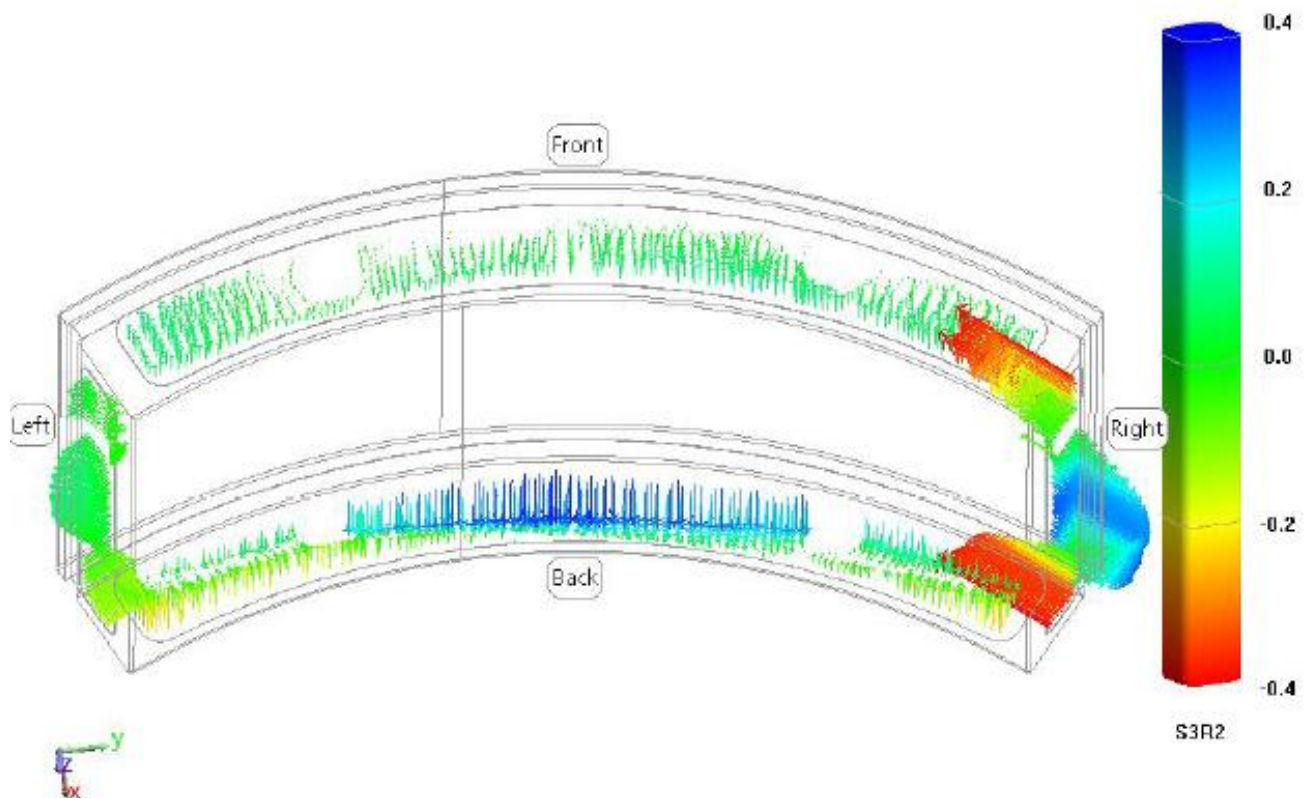


Figura 5.54.- Grafico de vectores.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El sistema de seguimiento láser incluye una estación meteorológica para medir la temperatura del aire, presión y la humedad. Su influencia en el haz de láser se compensa en el software de operación.

La temperatura del hormigón moldes de acero (Figura 5.55) y segmentos varía y los resultados de medición podría ser compensada con el coeficiente de expansión térmica para el acero y el hormigón a una temperatura de referencia requerida de por ejemplo + 20 ° C para una comparación adecuada de la geometría de moldes y segmentos en diferentes condiciones.



Figura 5.55.- Moldes.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Para el cálculo de estas características del segmento de los cuatro planos de contacto frente, atrás, izquierda y derecha y los dos cilindros interiores y el exterior se miden en el modo de medición dinámica.

El reflector se mueve sobre el plano o cilindro, mientras que el haz de láser sigue y el software de metrología registra un punto después de un incremento de la distancia predefinida. Este incremento podría ser de 10 mm en general; los cilindros en los segmentos clave generalmente se medirían con un incremento menor de 1 mm o 2 mm. Esto lleva a cientos de puntos medidos en cada plano y el cilindro.

Los planos de mejor ajuste y cilindros se calculan teniendo en cuenta el desplazamiento del reflector, entonces los nuestros aviones y dos cilindros se intersecan para derivar los ocho puntos de esquina y todas las distancias y ángulos requeridos son calculados y reportados.

Item	Tolerance	
Circumferential Length	+1 mm	-1 mm
Thickness	+3 mm	-1 mm
Width	+0.5 mm	-0.5 mm
Inside Radius	+1 mm	-1 mm
Outside Radius	+2 mm	-2 mm
Torsion	+2 mm	-2 mm
Division Angle	+0.01 °	-0.01 °
Border Angles = Radial Joint in Radial Plane	+0.08 °	-0.08 °
Angles of Longitudinal Joints = radial Joint in plane along tunnel axis	+0.02 °	-0.02 °
Radial Joint Best Fit Plane	0.2 mm from theoretical plane	
Circumferential Joint Best Fit Plane	0.2 mm from theoretical plane	
Width of Gasket Sealing Groove	+0.5 mm	-0.5 mm
Depth of Gasket Sealing Groove	+0.5 mm	-0.5 mm
Mismatch of gasket sealing groove at corners	Less than 2 mm	
Bolt Hole Centre Point	1 mm in any direction	
Bolt Dowel Centre Point	1 mm in any direction	

Figura 5.56- Tolerancias.

Fuente: VMT GmbH (2012).

Además las distancias entre los puntos de medición moldes micrómetro podrían calcularse y comunicarse, así como gráficos de vectores para el ajuste óptimo de todos los puntos medidos en el diseño de moldes o segmento.

Los resultados de las mediciones se almacenan en los informes. Para cada molde y el segmento existe un informe de la geometría estándar además de otro informe de los valores de anchura calculadas en las posiciones para la medición moldes micrómetro.

El informe de la geometría estándar incluye cinco columnas; medido, diseñado, diferencia y tolerancia (Figura 5.56) para cada elemento individual. El informe adicional para las anchuras de las posiciones micrómetro podría ser adoptado desde el informe original proveedor molde.

5.3.5 Secuenciación de anillos

El objetivo de cualquier proyecto de construcción de un túnel es dirigir de manera precisa la tuneladora (TBM) a lo largo del eje del túnel. En el caso de que se incorporen dovelas de hormigón prefabricadas para el revestimiento del túnel, no sólo es importante la determinación de la posición actual de la tuneladora. Más bien tienen que determinarse el sitio disponible en el espacio del escudo y la orientación óptima del anillo más favorable (Figura 5.57), así como debe tenerse en cuenta la marcha del escudo que se espera en el avance. Esto es aún más importante si se emplean anillos cónicos, que se adecuan del mejor modo posible para crear trayectos del túnel rectos o curvados. El posicionamiento óptimo de los anillos es una parte decisiva del proceso de la construcción del túnel.



Figura 5.57- Secuenciación de anillos.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Fundamentalmente en los anillos cónicos se distinguen dos concepciones, los anillos universales y las parejas reflejadas de anillos izquierdos y derechos. Para hacer posible una marcha curvada lo más cerrada posible se colocan, por ejemplo, directamente de manera consecutiva anillos universales individuales con la respectiva longitud de envolvente más corta. Si debe emplearse el mismo tipo de anillo en una sección recta del túnel, al punto de la longitud de envolvente más corta le seguirá el punto del siguiente anillo con la longitud de envolvente mayor.

Por este motivo durante los trabajos para la construcción del túnel es importante saber de antemano qué tipo de anillo posible debe pedirse y en qué posición exacta del anillo debe montarse el siguiente anillo. Dependiendo de la rotación del anillo seleccionada, el siguiente anillo tomará una determinada dirección de construcción que en caso ideal debería seguir la marcha real del escudo para evitar daños en la parte exterior de los segmentos de hormigón.

La elección de la mejor posición posible del segmento llave tiene una especial importancia y requiere una experiencia de muchos años en la construcción de anillos, de modo que muy probablemente incluso los equipos de construcción de anillos con experiencia no pueden predecir de manera fiable más de un anillo.

La combinación del TUnIS Sistema de navegación y del TUnIS Secuenciación de anillos hace posible un cálculo exacto de la posición de montaje del anillo. A pesar de una geometría de la máquina cada vez más compleja, se garantiza un registro exacto del eje de la cola del escudo y de la posición del anillo.

El TUnIS Secuenciación de anillos posibilita partiendo de la posición del último anillo montado, una secuenciación de los anillos previa teniendo en cuenta la posición actual de la tuneladora. Si la tuneladora se ha desviado del eje del túnel, se calcula automáticamente una curva adecuada que vuelve de manera tangencial al eje del túnel. En este cálculo han de tenerse en cuenta distintas cosas como, por ejemplo, la maniobrabilidad de la tuneladora y la geometría dada del anillo.

A parte de la posición de la tuneladora, la secuenciación de anillos también tiene que tener en cuenta otros parámetros influyentes como, por ejemplo, las huellas que ha ido dejando la tuneladora, los avances del cilindro o los valores del juego de dovela y cola del escudo. En la mayoría de los proyectos de obra existen, no obstante, exigencias adicionales específicas del proyecto que también han de ser tenidas en cuenta.

El TUnIS Secuenciación de anillos (Figura 5.58) cumple estas exigencias gracias a dos enfoques: Por una parte se incluyen las experiencias ya adquiridas durante el progreso de obra automáticamente en los cálculos futuros. Por otra parte existe la posibilidad de fijar criterios mediante los flexibles ajustes del sistema para influir en los resultados del cálculo. De este modo también pueden tenerse en cuenta, junto a las exigencias planeadas del proyecto, los acontecimientos que no podían planearse durante el progreso de la obra.

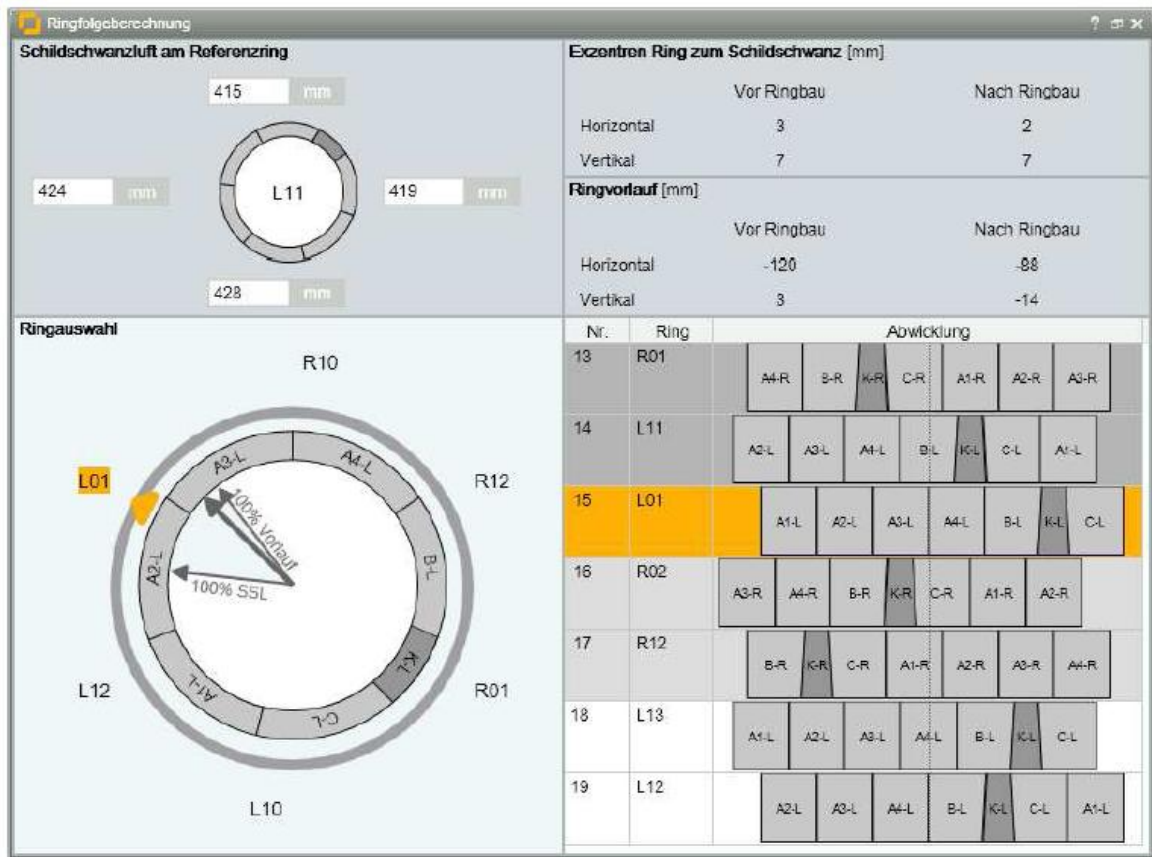


Figura 5.58.- Tunis Secuenciación de anillos.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Los cálculos están ajustados totalmente al desarrollo del trabajo durante el avance de la máquina y se finalizan a tiempo antes de la construcción del anillo. Debido a que la selección de la secuencia (a pesar de los criterios específicos del usuario) puede realizarse sin cálculos adicionales, no se produce ninguna clase de demora temporal entre el avance y la construcción del anillo.

La secuencia de anillos óptima calculada se visualiza en el módulo de manera gráfica numérica. De este modo se le ilustran y se le explican al usuario de modo gráfico los criterios de selección, especialmente para el anillo siguiente que ha de construirse.

5.4 Plataforma de comunicación

5.4.1 HADES (High Adaptability Data and Emergency System) Gran adaptabilidad de datos y sistemas de emergencia.

HADES ofrece un poderoso sistema de comunicación y seguridad para túneles y otras obras de construcción de cualquier tamaño. Para las operaciones de tierra encima y por debajo, que ofrece una solución completa de una sola fuente que se configurará a las necesidades específicas del proyecto.

Estos procesos requieren una comunicación eficiente, seguridad en los trabajos e infraestructuras de control. Los módulos de HADES se pueden combinar de una manera flexible para proporcionar una solución completa de gran alcance para la creación de

consistentemente redes en todos los sectores de túneles u otros proyectos de construcción.

Comunicación

- Servicios de telefonía móvil y PSTN (Red telefónica).
- La recopilación de datos y la transferencia (por cable o inalámbrica).

Seguridad

- Alertas de Emergencia.
- Sistemas CCTV (Circuito cerrado de televisión).
- Sistemas de monitorizado de sensores.

Control

- El control de acceso.
- Localización y seguimiento de personas y vehículos.
- Facilidad de control.

Debido a su diseño modular, HADES puede escalarse para que adapte a cada escenario concebible y a las diversas condiciones y actividades que ocurren durante las diferentes fases de construcción (Figura 5.59).

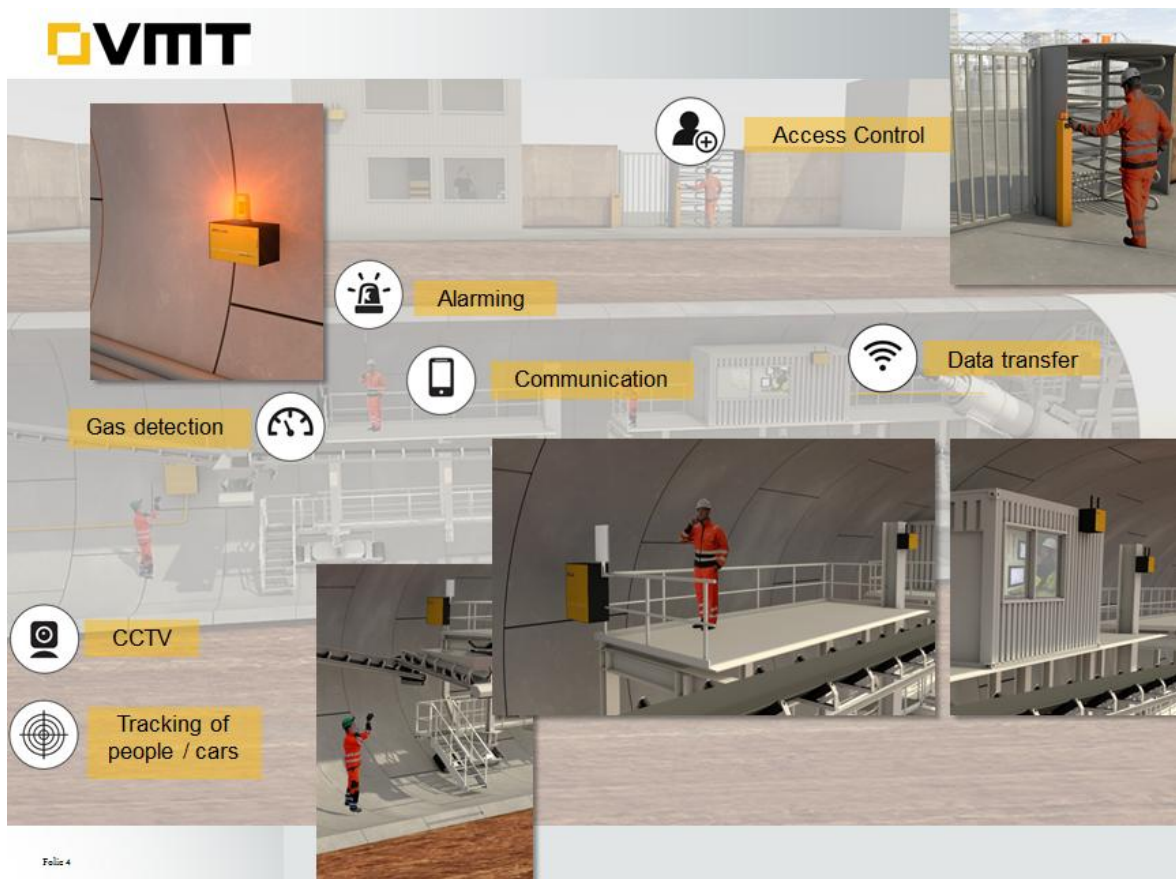


Figura 5.59.- Sketch de las funcionamiento de HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

HADES es un sistema de comunicación que está especialmente diseñado para los ambientes hostiles encima y por debajo del suelo y por lo tanto idealmente adaptado para ser utilizado en:

- Túneles y micro túneles.
- Minería.
- Ingeniería civil.

Los sistemas individuales como sistemas dedicados para la telefonía, control de vídeo, sistemas de sensores, etc. no han tenido en cuenta los efectos positivos de la sinergia y con frecuencia no proporcionan redundancia necesaria además estos sistemas requieren un considerable uso de material. HADES combina estos sistemas proporcionando así un ahorro de espacio y de todo el sistema de coste optimizado.

Características de rendimiento

- Información holística, inversión eficiente y sistema de seguridad.
- Todos los servicios se proporcionan mediante una única infraestructura.
- Diseño modular para la personalización y escalabilidad flexibles.
- Instalación Plug & Play y fácil manejo.
- Todo en uno que incorpora módulos para la telefonía, control de vídeo, control de acceso, seguimiento de personal y vehículos, alertas de emergencia, sistemas de sensores, la recopilación de datos, y la transferencia de sobre y bajo tierra.
- Potente red industrial cableada de 1 Gbit de ancho de banda por fibra óptica.
- Los módulos y componentes están diseñados para ser utilizado en el ambiente hostil.
- Cobertura de radio constante por encima y por debajo del suelo.
- Interfaces con la red pública telefónica, red móvil y Web.
- Red segura mediante VPN y firewall.
- Dispositivos y aplicaciones pueden incorporar fácilmente utilizando diferentes interfaces y protocolos de comunicación.
- Funcionamiento ininterrumpido en caso de fallo de red eléctrica.

5.4.1.1 Operación

Desde la Oficina en obra, HADES ofrece una infraestructura coherente y holística para la red de datos, así como un sistema de seguridad. En el centro de control, los monitores se utilizan para visualizar y evaluar las lecturas de los sensores y las imágenes proporcionadas por las cámaras, así como las posiciones actuales de las personas y vehículos dentro del túnel. El sistema telefónico interno asegura la comunicación de voz a través de los teléfonos móviles y teléfonos de emergencia instalados en el túnel. Los detectores de gas, humo, fuego y envían sus datos a la mesa de control en oficina de la obra a través del cableado de fibra óptica. El soporte por video y la maquinaria están conectados a la red para proporcionar la transferencia y la comunicación de datos desde el frente a la oficina. VPN y Firewall se utilizan para asegurar el acceso web a la red HADES desde cualquier parte del mundo.

Gran construcción de túneles

La base de las unidades de Hades es una red Ethernet de 1 Gbit que proporciona interfaces para todos los componentes del sistema en cualquier sección de la construcción y garantiza una cobertura consistente, incluso en zonas de difícil acceso (Figura 5.60).

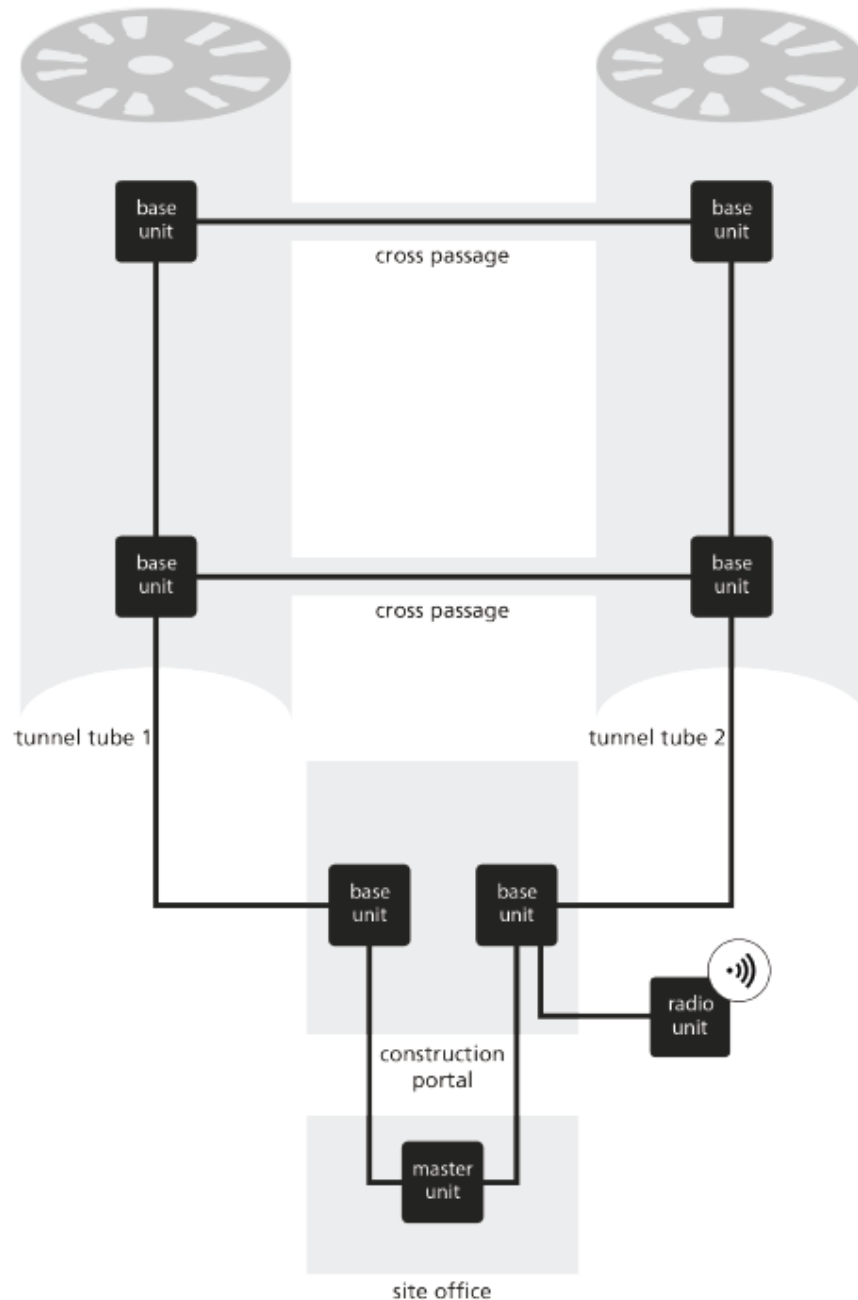


Figura 5.60- Red de conexión de HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Movilidad y Accesibilidad

La telefonía móvil, control de acceso, y el seguimiento se basan en las tecnologías DECT y WLAN probadas. Por lo tanto, la accesibilidad consistente y seguimiento se proporcionan en cada fase del el proceso de construcción.

CCTV

CCTV se puede implementar en cualquier lugar en el túnel y la obra, ya que los punto de acceso de las unidades de base HADES puede ser usado para colocar cámaras y monitores como se desee. Dependiendo de los requisitos particulares, las señales de vídeo pueden ser grabados utilizando diferentes resoluciones.

Sensores y alertas

Cualquier gas, humo o detectores de incendios se incorporan mediante conexiones analógicas o digitales a la unidad base más cercana. Las señales son evaluadas por la unidad principal en oficina de la obra. Sobre la base de esta evaluación, se fijan alertas inmediatas por medio de sirenas, linternas, o notificaciones por SMS.

Servicio y soporte remoto

Usando el acceso VPN seguras, los empleados tienen acceso a la red de la obra desde cualquier parte del mundo. Incluso las imágenes de la cámara pueden ser visionadas por lo que HADES es capaz de proporcionar soporte remoto conveniente y servicio por debajo del suelo.

Centro de Control de HADES

En la oficina de la obra, los monitores del centro de control HADES se utilizan para mostrar el estado en línea de las señales, imágenes de la cámara en vivo, y las posiciones de vehículos y personas. Una interfaz gráfica de usuario basada en el acceso web, junto con un potente sistema de gestión de red claramente estructurado, se utiliza para modificar la configuración, incluso durante el funcionamiento. No se requiere ningún software adicional.

Las grandes obras de construcción

Debido a su diseño modular, la red HADES puede ser configurado de una manera casi ideal para los requisitos específicos de las grandes obras de construcción (Figura 5.61) y otras instalaciones críticas para la seguridad y es capaz de mapear incluso condiciones cambiantes en diferentes fases de construcción de los proyectos de construcción. La red HADES es independiente, redundante y a prueba de fallos para un consistente y fiable seguimiento de estas instalaciones complejas.



Figura 5.61.- Centro de control de HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

5.4.1.2 Módulos

Dependiendo de los requisitos en particular, los módulos de la HADES se pueden adaptar a las necesidades del cliente. Los módulos pueden ser utilizados como módulos individuales, así como en combinaciones de módulos. Nuestros expertos estarán encantados de proporcionar una solución individual para usted.

5.4.1.2.1 Comunicación

5.4.1.2.1.1 Servicios de telefonía móvil y PSTN

El módulo de telefonía HADES asegura la comunicación en todo el sitio. El enlace a la red GSM móvil o a la red de telefonía pública local mediante analógica, ISDN o DSL permite la comunicación con la red pública.

Usando los teléfonos de oficina, teléfonos móviles DECT susceptibles de ser utilizados en el sitio, y los teléfonos estacionarios del túnel, todas las partes involucradas podrán comunicarse por encima del suelo así como a lo largo de toda la sección del túnel y en la tuneladora y sin ningún tipo de limitaciones.



Para satisfacer las necesidades de comunicación tanto en oficina como a pie de obra, varios teléfonos están disponibles como los móviles industriales con protección IP65, diseñados para uso de emergencia que se pueden combinar con adaptadores para su uso en una máscara de respirador.

La telefonía estacionaria de emergencia cableada aumenta las opciones disponibles y proporciona seguridad adicional. Por otra parte, los teléfonos inteligentes se pueden incorporar en el módulo de HADES. Las llamadas entrantes y salientes se apoyan en WLAN.

5.4.1.2.1.2 *Recolección y Transferencia de Datos*

Toda la comunicación de oficina como la transferencia de datos, correo electrónico, fax, y de conmutación telefónica se realiza mediante interfaces dedicados dentro de la red HADES. HADES también puede incluir otros terminales si es necesario.

Si es requerido por el cliente también se puede implementar la separación de las redes virtuales. Por lo que, el acceso a la red HADES utilizando una sola línea de datos es posible para los clientes y proveedores.



5.4.1.2.1.3 *Facilidades de control*

Varias aplicaciones tales como el control de cortinas de pulverizado, puertas correderas, o sistemas de bombeo pueden ser gestionados y controlados a través de diferentes convertidores de interfaz física de las Unidades HADES de base.



5.4.1.2.2 *Seguridad*

5.4.1.2.2.1 *Alertas de Emergencia*

Se pueden activar una alarma desde cualquier lugar de la obra mediante un botón de emergencia en el HADES Messenger o teléfono móvil. Por el contrario, las notificaciones personalizadas pueden ser enviadas desde el centro de operaciones de terminales móviles o estaciones de intercomunicación de emergencia. El módulo de emergencia HADES podrá adaptarse a las normas de seguridad en varios países y su opción de incorporar las infraestructuras ya existentes proporciona una alta flexibilidad. La SAI (sistema de alimentación ininterrumpida) HADES garantiza un funcionamiento autónomo, sobre todo en casos de emergencia.



- Sala virtual de reuniones para los equipos y los equipos de rescate.
- Estaciones de intercomunicación de emergencia.
- Se pueden incorporar líneas de señalización y equipos de emergencia.

5.4.1.2.2.2 *CCTV (circuito cerrado de televisión)*

Utilizando el módulo de vídeo HADES, se pueden monitorizar visualmente las zonas deseadas en tiempo real o grabado para su posterior revisión. Las cámaras proporcionan diferentes resoluciones y los diseños en función de sus fines.

El Software de Video HADES permite una gestión flexible y escalable de la cámara y ofrece la conectividad de base de datos.

El módulo puede hacerse a escala en pequeños proyectos que incluyen sólo unas pocas cámaras, o para grandes instalaciones que incluyen un gran número de fuentes de vídeo e interfaces.



5.4.1.2.2.3 Sistema de sensores

El módulo del sistema sensor HADES se utiliza para recoger los valores de medición de diversos equipos de control. Las señales de los sensores de gas o sistemas de detección de incendios con interfaces analógicas y digitales se transfieren a través de la red HADES al servidor de alarmas y allí son evaluados.



5.4.1.2.3 Control

5.4.1.2.3.1 El control de acceso

Control de acceso HADES se logra ya sea mediante la lectura de identificadores (tarjetas de identidad) y las etiquetas que se usan en el cuerpo o casco o mediante el uso de teléfonos móviles específicos del sistema. Por supuesto, puertas, barreras, torniquetes o se pueden incorporar en el sistema de control de acceso. Esto le ayudará de manera significativa a mejorar la seguridad, en todo momento, no sólo en casos de emergencia.



5.4.1.2.3.2 Seguimiento de personal y vehículos

Según se requiera, cualquiera de los dos sistemas de seguimiento disponibles se puede utilizar junto con el sistema de comunicación HADES.

Los teléfonos móviles y HADES menssenger utiliza la probada tecnología DECT proporcionan seguimiento consistente basado en células, donde cada persona y cada vehículo pueden ser rastreados en cualquier momento.



Equipos de radio WLAN utilizan tecnología RTLS (Sistemas de Localización en Tiempo Real para rastrear mediante. Las etiquetas requeridas son mini transmisores pueden estar unidas al cuerpo, casco, o vehículo.

Para ambos sistemas, el Centro de Control HADES ofrece un seguimiento visualizado de todos los vehículos y personas dentro del túnel. Dependiendo de la configuración, se pueden crear alertas para diferentes escenarios, tales como el acceso a las zonas peligrosas o vehículos que llegan. Este módulo ayuda a mejorar el aspecto de la seguridad, sobre todo en casos de emergencia.

5.4.1.3 Centro de control de HADES

El Centro de Control de HADES (Figura 5.62) gestiona y visualiza las subsecciones de equipos de detección de incendios, seguimiento, control de acceso, video y gestión de la configuración de una interfaz de usuario uniforme.

Base de datos y la interfaz de usuario se construyen a los estándares comunes. Los mensajes se muestran en forma de gráfico y texto. Varios idiomas están disponibles para la selección.

Basado en una óptima red de comunicación de todos los componentes y una interfaz de usuario claramente estructurada, los supervisores de obra tienen toda la información de la construcción del proyecto disponible para poder tomar acciones específicas en cualquier momento.

La instalación del sistema es conveniente personalizado, y es compatible con un solo usuario o configuraciones multiusuarios.



Figura 5.62.- Centro de control de HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

El Centro de Control de HADES como una herramienta de configuración centralizada utiliza una interfaz gráfica basada en web para configurar, administrar y diagnosticar los módulos individuales del sistema. A través de VPN y protegido con cortafuegos mediante conexión remota se pueden modificar la configuración a través de Internet. De este modo, los empleados y técnicos de servicio tienen acceso a los servicios de red del sitio y datos desde cualquier lugar del mundo.

El Software de Video HADES se puede usar para asistencia remota en operaciones mediante streaming de vídeo (Figura 5.63) y almacenamiento en la red. El sistema de monitorización HCC puede ser flexible configurado para mostrar las imágenes en directo en grupo o imágenes individuales.

Una característica administrativa centralizada es la gestión de las autorizaciones personales e individuales de acceso a áreas específicas y para operar la puerta o barreras.

Una plataforma gráfica de gestión adaptada específicamente para satisfacer las situaciones y necesidades de un sitio proporciona tanto la visualización de los estatus (por ejemplo, alarma, falta el contacto por radio) como el óptimo seguimiento de vehículos y personas. La gestión de mensajes se puede controlar a través de diferentes niveles de privilegio.



Figura 5.63.- Video asistencia remota por streaming en HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Los mensajes entrantes de los sensores e interruptores recibidos a través de la red HADES son evaluados por una función centralizada y puede ser representada por medio de gráficos de barras o notificaciones de colores. Al mismo tiempo, otros procesos de alerta se pueden desencadenar en base a la configuración establecida y se utiliza para iniciar alarmas, luces, bombas, u otros sistemas automatizados.

5.4.1.4 Hardware

Las unidades de HADES, son los componentes básicos del sistema Hades y se utilizan como acopladores a las cámaras, teléfonos, sensores y sistemas de antenas conectadas (Figura 5.64).



Figura 5.64- Unidades de conexión de la red HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Ellos son la columna vertebral de datos de todo el sistema y envían su información para el procesamiento central para el Centro de Control HADES o regresan señales de control a los componentes individuales del sitio

5.4.1.4.1 Unidades maestro

Los componentes de la unidad maestra HADES son el módulo de comunicación centralizado de la red HADES (Figura 5.65). Estos incluyen el Centro de Control HADES con sistemas de servidor para las alarmas de monitoreo, video y seguimiento. Proporcionan componentes para control remoto de acceso telefónico y de mantenimiento, así como un firewall integrado que incluye el acceso VPN. Por otra parte, se incluyen el sistema telefónico y los acopladores para conectar los cables de fibra óptica. Todos los componentes de la unidad maestra HADES son de 19 con y por lo tanto fácilmente instalados en los gabinetes del sistema.

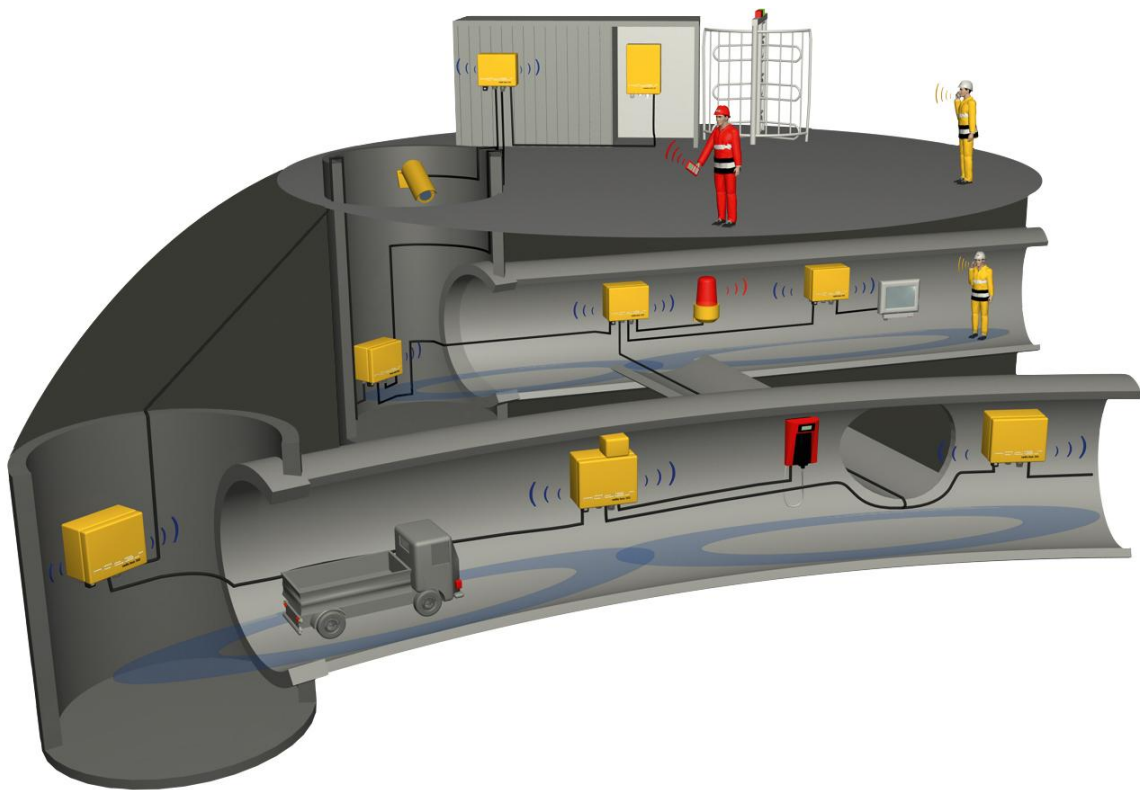


Figura 5.65.- Componentes de los módulos de HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Cables de fibra óptica se utilizan para conectar unidades HADES base a la unidad principal. Su diseño permite que la red que se construirá en el anillo o el diseño del árbol. Dependiendo del diseño, cables de fibra óptica pueden ser utilizados para proporcionar conectividad redundante que aumenta la resistencia de toda la red.

Las unidades de base HADES pueden utilizar diferentes interfaces físicas, junto con un gran número de protocolos para conectar los componentes que proporcionan diferentes capacidades. Un controlador compacto convierte tantas señales analógicas y digitales en el protocolo Ethernet específica del sistema y las transmite a la unidad maestra HADES. Allí, las señales se evalúan o sólo convierten de nuevo de una manera

que es transparente para los sistemas conectados. Sistemas de cámaras, teléfonos IP, u otros sistemas basados en Ethernet se pueden conectar directamente a través de PoE (Power over Ethernet) a través de conectores RJ45.

En caso de fluctuaciones de energía de red o fallos, el módulo de batería de respaldo garantiza un funcionamiento continuo y sin ningún corte.

La Unidad de Radio HADES extiende la cobertura de radio para transmisiones de datos y voz a través de DECT y WLAN. La alimentación se suministra a través del cable de datos conectado a la unidad base más cercana. Por lo tanto, la unidad puede proporcionar servicios móviles de voz y comunicaciones de datos en zonas donde no se dispone de red eléctrica.

5.4.1.4.2 Componentes de los módulos

Todos los componentes HADES han sido especialmente diseñados y probados para su uso en ambientes hostiles. En relación con el funcionamiento del hardware, nos centramos principalmente en la reducción de las operaciones necesarias para un funcionamiento intuitivo mínimo y sin comprometer la comodidad. Los indicadores de estado están diseñados de modo que será capaz de ser leído incluso en condiciones de poca visibilidad y desde distancias más grandes.

Los módulos HADES no deben ser considerados como una gama de productos en sí misma, pero se pueden mejorar las especificaciones del cliente. Por esta razón, diversos componentes de hardware están disponibles que puede combinarse de acuerdo a los requisitos.



Figura 5.66.- Componentes para HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Teléfonos

- Teléfonos del sistema IP están disponibles en diferentes diseños y pueden ser suministrados junto con un módulo de conmutación en caso de necesidad (Figura 5.66).
- Teléfono móvil con el seguimiento de emergencia, larga espera y los tiempos de carga cortos.
- Teléfonos de emergencia para montaje en pared IP en carcasa de acero inoxidable. Visual y sonora de señalización.
- Auricular Bluetooth, clasificación IP65, largo tiempo de conversación.
- Auriculares de protección para su uso en entornos muy ruidosos.
- Teléfono móvil especial de carcasa rígida que incluye conector botón para llamada de emergencia a Bomberos (adaptador para su uso en una máscara de respiración).

Videocámaras

Las cámaras de video a color por IP con distintas resoluciones para condiciones de poca luz (Figura 5.66).

Componentes de control de accesos

Control de acceso basado en componentes de control por IP con contacto de relé y tarjetas de acceso tamaño RFID, la tecnología RFID con impresión individual. También se podrían incorporar las tarjetas RFID existentes (Figura 5.66).

Seguimiento

Dependiendo del sistema de seguimiento, DECT o de RTLS, se utilizan diferentes sistemas de notificación para seguimiento de personas y vehículos (Figura 5.66).

- DECT Messenger y teléfonos móviles para el seguimiento basado en células
- Las etiquetas de seguimiento para las personas y vehículos o añadidas en el casco.

Sensores y detectores de condición

Una variedad de sensores para la detección de gases combustibles o tóxicos está disponible. La Unidad de Base HADES cercana registra los sensores conectados y de los detectores de estado por medio de contactos de conmutados y transfiere los valores medidos a la unidad maestra HADES través de acopladores digitales o analógicas.

Cables ópticos y eléctricos de conexión

Para la conexión de las unidades de Hades, cables de fibra óptica pre montados están disponibles en diferentes longitudes. Cables de fibra óptica HADES y los cables eléctricos son de diseño de la industria y el más adecuado para su uso en obras de construcción. La fibra óptica y cables eléctricos están equipados con conectores con protección IP 65 que proporcionan conectividad Plug & Play a las unidades de HADES.

Sistema de alimentación ininterrumpida

Fuente de alimentación para las unidades principales de los componentes de HADES en 19 en el rack. Cada unidad base tiene su propia unidad interna del UPS. Se pueden añadir más baterías.

6 Enfoque estratégico

El enfoque estratégico de VMT GmbH para el desarrollo de la empresa en un nuevo mercado como es el mercado de la minería en referencia a la matriz de crecimiento de una empresa, se sitúa en el punto 3, desarrollo de mercados y punto 4, diversificación, como se puede observar en la Figura 6.1.

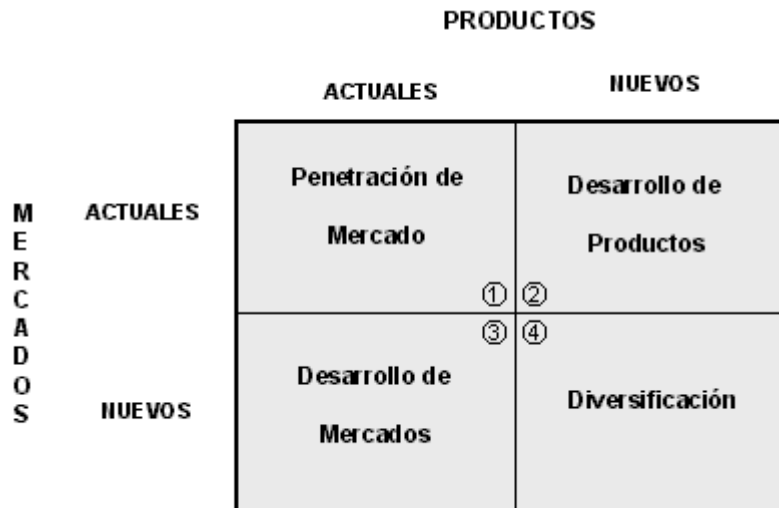


Figura 6.1.- Vector de Crecimiento.

Fuente: Ansoff (1976)

6.1 Búsqueda de nuevos mercados

El primer paso lógico a seguir en la búsqueda de nuevos mercados es la posibilidad es la de encontrar nuevas aplicaciones a los productos que las empresas tienen en sus carteras, será el primer caso de estudio, de esta manera aparecerán nuevos grupos de clientes que antes no se consideraban o nuevos grupos de clientes que antes no estaban siendo atendidos por la empresa. Esto podría suponer el utilizar nuevos canales de distribución.

En la realidad no es frecuente que las empresas opten por estas vías de una forma pura, en el sentido de que es habitual en el crecimiento empresarial se lleve a cabo empleando varias de las vías de desarrollo explicadas. Por otro lado, es posible que existan interrelaciones entre dos o más vías. De igual forma, ciertas modificaciones en los productos pueden implicar una mejora de la imagen de la empresa y permitir que esta aumente sus ventas de otros productos no modificados, o encontrar nuevos mercados que antes no se atendían.

6.2 Diversificación

El segundo paso, una vez que se ha encontrado un potencial nuevo mercado donde la actividad comercial puede ser lucrativa, sería la estrategia de diversificación. La estrategia de diversificación consiste en ampliar el campo de actividad de la empresa añadiendo a un tiempo nuevos productos y nuevos mercados. Como consecuencia se

puede decir que esta es la modalidad que supone un mayor grado de cambio respecto a las actividades iniciales de la empresa y la que más riesgo entraña.

De todas formas, es necesario considerar que el grado de novedad de productos y mercados puede variar mucho, por esta razón, Ansoff (1976) contempla una nueva matriz o vector de crecimiento de la diversificación, (Figura 6.2) que supone una ampliación del cuarto cuadrante de su matriz inicial.



Figura 6.2.- Vector de Crecimiento de la diversificación.

Fuente: Ansoff (1976)

Las alternativas referidas a nuevos productos se dividen en función del grado de relación tecnológica que éstos presenten con los productos actuales. Por lo que se refiere a los mercados, el grado de relación existente con los mercados actuales se mide en función de los tipos de clientes.

Las posibles combinaciones entre estas opciones de producto y mercado dan lugar a cuatro tipos de diversificación diferentes:

6.2.1 Diversificación horizontal

Esta diversificación consiste en ofrecer productos nuevos en mercados muy similares a los anteriores, por este motivo se puede aprovechar un fuerte efecto sinérgico en comercialización al utilizarse los mismos canales de distribución que ya empleaba la empresa. Con este tipo de crecimiento la empresa se mueve dentro de su propio entorno económico, por lo que no proporciona demasiada flexibilidad.

6.2.2 Diversificación vertical

Normalmente llamada integración vertical, se refiere a la inclusión entre las actividades de la empresa de otras actividades contiguas en la cadena de valor industrial, ya sean anteriores o posteriores. Es decir, que la empresa pasa a ser su propio proveedor, autoabasteciéndose de elementos que antes compraba; o su propio cliente.

Con la integración vertical la empresa pierde flexibilidad, pues se genera una mayor dependencia de su demanda final, al tener muchos más activos implicados en el proceso de producción.

6.2.3 Diversificación Concéntrica

Mediante este tipo de diversificación la empresa amplía sus negocios a partir de un núcleo central en el que es altamente competente, manteniendo un cierto lazo común con él a través de la tecnología afín de productos, de comercialización cuando los clientes son similares, o incluso por ambos cuando tanto la tecnología como los clientes son parecidos. La relación existente entre los negocios de la empresa hacen que esta estrategia sea menos arriesgada al tiempo que proporcione flexibilidad a la empresa, al no tener todos sus activos y su capital invertido en un único negocio.

6.2.4 Diversificación conglomerada

Este sería el caso más extremo de diversificación, ya que los nuevos negocios en los que entra a competir la empresa no guardan relación con los anteriores ni por los productos ni por los mercados. Por esta razón también se suele considerar como la estrategia de crecimiento de mayor riesgo.

Aparte de esta clasificación de estas estrategias propuesta por Ansoff (1976), son muchos los autores que han optado por una clasificación alternativa que distingue entre dos tipos básicos de diversificación: la diversificación relacionada y la diversificación no relacionada. La relacionada sería aquella en la que existe alguna relación entre los nuevos negocios y los tradicionales; en consecuencia, incluiría la diversificación horizontal y la concéntrica de Ansoff. Por otro lado, la no relacionada sería aquella en la que no hay relación entre los negocios y por tanto los recursos compartidos son poco significativos, sería la misma categoría que la diversificación por conglomerados de Ansoff (1976).

Tras estas consideraciones teóricas, la siguiente Tabla 6.1 se muestra la diferencias entre el mercado de los túneles y obras de infraestructuras con el mercado de la minería, con el fin de determinar el tipo de diversificación (según la matriz de Ansoff) en la que se posiciona VMT GmbH dentro del mercado minero.

Mercados	Túneles	Minería
Maquinaria	Soluciones a medida para proyectos de túneles específicos	Máquinas estandarizadas y flexibles, que permitan las actividades mineras diferentes frentes
Trazado de las galerías	Gran radio y las inclinaciones bajas	Pequeños radios y grandes inclinaciones
Duración del proyecto	Generalmente menos de 5 años	La vida útil puede superar los 50 años
Propiedad	Las autoridades públicas como clientes con la licitación pública	Cientes privado bajo pedido

Localización	La mayoría de los proyectos de túneles son países altamente desarrollados de la OCDE (organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) A menudo en zonas densamente pobladas con buena infraestructura	La mayoría de los proyectos de minas en las regiones menos desarrolladas, con frecuencia lugares remotos, con una infraestructura deficiente y bajo nivel de habilidad del personal
Mano de obra	Mano de obra normalmente especializada	La mano de obra tiene una baja cualificación

Tabla 6.1.- Diferencias entre mercados.

Fuente: Elaboración propia (2014).

A partir de esta comparativa, podemos rápidamente identificar las grandes diferencias existentes entre el mercado de los túneles y la minería aunque a priori parezcan similares, por lo que podemos determinar el mercado de la minería como “nuevo mercado” según la matriz de Ansoff (1976).

En cuanto a los productos aunque estén basados en tecnología afín al mercado de los túneles la aplicación en la minería tendrá distintas metodologías operativas así como la incorporación de otras tecnologías y certificaciones afines al mercado minero. Aunque el abanico de tecnológico de productos ofrecidos por VMT GmbH es un variado, cada producto requerirá algún tipo de adaptación en mayor o menor medida, por lo que la designación correcta sería hablar de “nuevos productos”.

Por ello concluyo que antes un nuevo mercado como es la minería y nuevos productos provenientes de la tecnología afín o no, nos encontramos ante una diversificación concéntrica, ya que la el núcleo de la actividad comercial en la que se sustenta VMT GmbH es el mercado de los túneles como empresa subsidiaria de Herrenknecht AG y proveedora de servicios tecnológicos.

6.3 Estrategias de cooperación

Una alianza estratégica es una forma de organizar transacciones entre agentes interdependientes. Éstos ponen en común recursos y/o capacidades para la consecución de unos objetivos con efectos estratégicos sobre cada participante.

La coordinación conjunta de las acciones necesarias para alcanzar los objetivos marcados no puede suponer la pérdida de la personalidad jurídica de los cooperantes, ni la influencia sobre los procesos decisionales de algún socio, más allá de aquellos que atañen exclusivamente a la actividad objeto de la cooperación.

La suscripción de alianzas estratégicas encuentra su razón de ser en la búsqueda de flexibilidad y en la carencia de recursos y capacidades necesarios para emprender un determinado proyecto en solitario, o aun disponiendo de ellos, en los mejores resultados que se desprenden, gracias al efecto sinérgico que caracteriza a estas relaciones.

Entre las empresas suscriptoras se instauran relaciones de mutua dependencia, es decir, cada cooperante debe ser capaz de aportar “algo” al otro.

Si bien las alianzas estratégicas pueden ser entendidas como relaciones con un horizonte temporal definido, sin embargo, su carácter estratégico conlleva que la relación venga marcada por el largo plazo y que se descarten aquellas de naturaleza coyuntural a corto plazo.

6.4 Productos con potencial y estrategias en el mercado de la minería

La introducción tecnológica en el mercado de la minería debido al poder estratégico de los recursos mineros así como la extensa experiencia cosechada de empresas mineras dedicadas a este campo durante muchos años, hace bastante complejo competir con las tecnologías desarrolladas por empresas avaladas por su experiencia, por lo tanto sintetizando el posterior análisis estratégico de empresas, las estrategias a seguir serían:

1. Competencia directa con otros productos del mismo rango o similar diferenciándose en:
 - Calidad.
 - Características.
 - Beneficios.
 - Servicios.
 - Precios.
2. Encontrar un segmento tecnológico del mercado minero que aún no este desarrollado tecnológicamente o en vías de desarrollo donde la experiencia específica no sea crucial siendo el punto clave la innovación.
3. Asociación con empresas mineras con experiencia desarrollando en conjunto productos con la experiencia de ambas empresas en distintas disciplinas.

Relacionando el catálogo de productos anteriormente presentado con estas tres estrategias empresariales para la introducción de VMT GmbH en el mercado minero, estas serían las tres principales asociaciones:

6.4.1 Competencia directa

Con la primera premisa en base a la tecnología desarrollado por VMT GmbH, siendo la base de su éxito y reputación los sistemas de guiado utilizados en miles de proyectos alrededor del mundo en distintos obras subterráneas de ingeniería esta sería la mejor forma de introducirse y consolidarse en el mercado minero como una empresa suministradora de servicios tecnológicos. Se ha desarrollado sistemas de guiado para la siguiente maquinaria de perforación.

6.4.1.1 Sistemas de navegación o guiado

- Shaft boring machinery (maquinaria de perforación automatizada en pozos verticales de acceso).

- BoxHole (maquinaria de perforación automatizada para, chimeneas de ventilación, comunicación de labores, accesos puntuales, etc.).
- Tuneladoras (Para todos los diámetros de perforación y geología).
- Rozadoras.
- Carros de perforación.
- Excavadoras subterráneas con diversos grados de libertad.



Figura 6.3.- Productos de Herrenknecht AG en minería.

Fuente: Herrenknecht AG (2014).

Como se puede observar la empresa ha desarrollado sistemas de navegación y guiado para casi todo tipo de maquinaria de perforación para excavaciones subterráneas siguiendo el desarrollo tecnológico de la empresa matriz (Figura 6.3). Es cierto que todos ellos pueden ser utilizados como método de perforación en cualquier tipo de labor subterránea minera aunque también es cierto que algunos de ellos tienen una aplicación muy específica debido a las características únicas de maquinaria, luego en este contexto.

La maquinaria de perforación automatizada de galerías de acceso (Figura 6.4), es una tecnología de nuevo desarrollo y manufacturada por la empresa matriz Herrenknecht AG, aunque está basada en el antiguo sistema de plataformas denominado “*galloway*” donde según la geometría constructiva de las mimas también sería posible la instalación de un sistema de guiado o navegación para la continua perforación vertical sin paradas. La diferente metodología de perforación utilizada, en el caso “*galloway*” perforación y voladura inhabilita el principal argumento para la utilización de un sistema de navegación que son la reducción de los tiempos de parada ya que en la perforación y voladura los tiempos de parada en la perforación son inevitables y estos se utilizan paralelamente para realizar las mediciones topográficas oportunas. Por esta razón se concluye que el costo del sistema no se ve rentabilizado debido al diferente método de excavación.

En lo que se refiere a la manufactura de la maquinaria de perforación automatizada, por el momento es Herrenknecht AG la única manufacturera mundial que se dedica a este propósito por lo que no existe ninguna otra manufacturera donde pueda ser utilizado los sistemas de navegación desarrollados por VMT GmbH para este propósito.

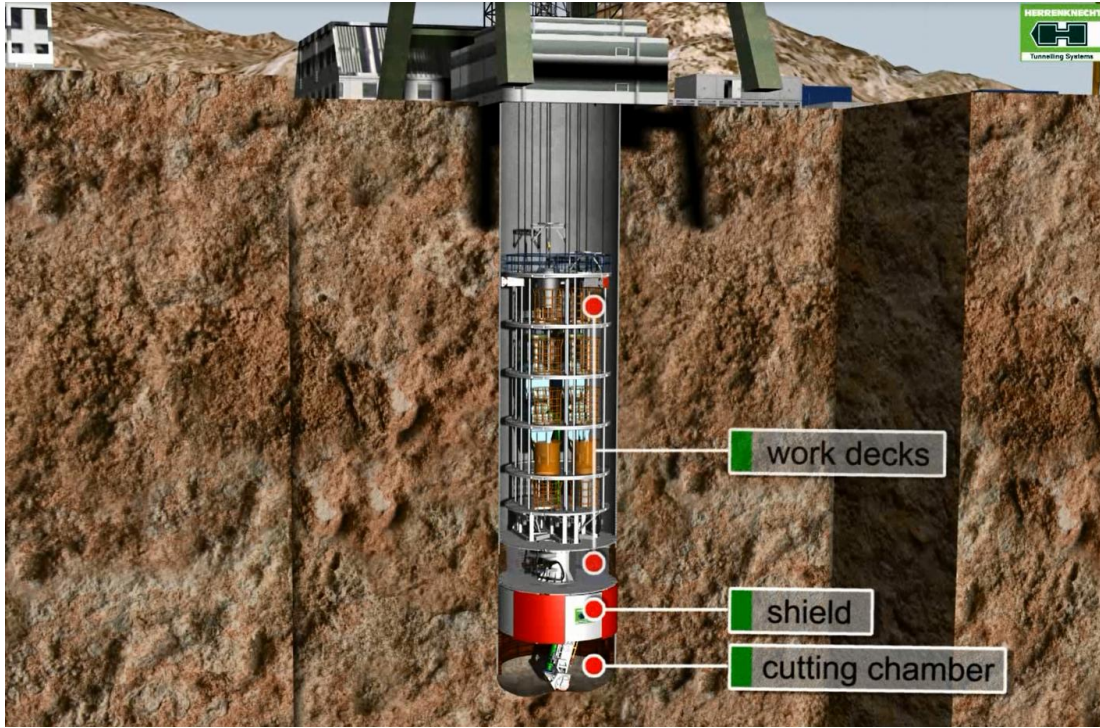


Figura 6.4.- SBR Shaft Boring Roadheader.

Fuente: Herrenknecht AG (2013).

Una situación semejante es la que sucede con el *Boxhole*, esta maquinaria está siendo desarrollada y perfeccionada por la empresa matriz con la experiencia adquirida en la perforación de micro túneles con la inca de tuberías y como tal VMT GmbH ha desarrollado un sistema de guiado para este fin (Figura 6.5).



Figura 6.5.- SBR Shaft Boring Roadheader.

Fuente: Herrenknecht AG (2013).

Aunque si es cierto que en el mercado se pueden encontrar una maquinaria con unas características similares, la comercialización de estos sistemas de guiado no es rentable para la empresa VMT GmbH debido a poca rentabilidad del producto en sí mismo fuera de la empresa matriz además de ayudar con ello a crear una diferenciación de tecnológica entre los fabricantes de esta maquinaria.

En lo que respecta a la utilización de tuneladoras como método de perforación en la minería ha habido muchas discusiones entre las ventajas e inconvenientes de las mismas sea como sea lo que si es cierto es que una tecnología probada durante muchos años en el mercado de los túneles y que está en continua evolución. La utilización de las tuneladoras en minería ya es una realidad como lo demuestran los distintos proyectos realizados y en proceso de desarrollo en todo el mundo como muestra la Figura 6.6.

Table 1 – TBM use at mining projects.

Project	Location	Year ^a	Length, km	Size, m
Step Rock Iron	Canada	1957	0.30	2.74
Nchanga	Zambia	1970	3.2	3.65
Oak Grove	USA	1977	0.20	7.4
Blyvoor	South Africa	1977	0.30	1.84
Fosdalen	Norway	1977	670	3.15
Blumenthal	Germany	1979	10.6	6.5
Westfalen	Germany	1979	12.7	6.1
Donkin Morien	Canada	1984	3.6	7.6
Autlan	Mexico	1985	1.8	3.6
Kiena	Canada	1986	1.4	2.3
Stillwater EB	USA	1988-91	6.4	4
Fraser (CUB)	Canada	1989	1.5	2.1
Rio Blanco	Chile	1992	11.0	5.7
San Manuel	USA	1993	10.5	4.6
Cigar Lake	Canada	1997	> 20	4.5
Port Hedland	Australia	1998	1.3	5.0
Stillwater EB	USA	1998-01	11.2	4.6
Mineral Creek	USA	2001	4.0	6.0
Amplats	South Africa	2001	0.35	2.4
Monte Giglio	Italy	2003	8.5	4.9
Tashan Coal	China	2007		4.9
Ok Tedi	PNG	2008	4.8	5.6
Los Bronces	Chile	2009	8.0	4.2
Stillwater Blitz	USA	2012-13	6.8 ^b	5.5
Grosvenor Coal	Australia	2013	1.0 ^b	8.0
Oz Minerals	Australia	2013	11.0 ^b	5.8
Northparkes	Australia	2013	2.0 ^b	5.0
El Teniente	Chile	2014	6.0 ^b	10.0

^a Year of start of project.
^b Planned TBM excavation.

Figura 6.6.- Proyectos mineros con tuneladoras.

Fuente: Transactions of the Society for Mining, Metallurgy and Exploration (2013).

Las Tuneladoras (Figura 6.7) se han utilizado para la construcción de varias galerías de acceso para proyectos mineros, transporte de mineral y estéril, el drenaje, la exploración, el abastecimiento de agua y el desvío del agua. Varios proyectos mineros han visto el uso beneficioso exitoso y económico de tuneladoras, y hay cada vez más conciencia de los beneficios de tuneladoras para proyectos mineros.

Las consideraciones técnicas clave para el uso de tuneladoras para la construcción de túneles para proyectos mineros incluyen temas geológicos (tipo de roca, alteración de la roca, resistencia de la roca, abrasividad de las rocas, la durabilidad, la afluencia de aguas subterráneas), la profundidad de la cobertura y la posibilidad de insistir demasiado en golpes de terreno, el acceso al sitio y el terreno, localización, las limitaciones de TBM, el tamaño mínimo del túnel, los requerimientos de soporte del túnel, el contratista y la experiencia laboral, y programar las demandas del proyecto. Tuneladoras ofrecen beneficios clave del cronograma del proyecto con tasas elevadas de desarrollo, lo cual es una ventaja económica única reconocida para proyectos mineros donde el tiempo es de la esencia con el fin de avanzar en el desarrollo de la minería y lograr el inicio temprano de las operaciones.



Figura 6.7- TBM con grandes inclinaciones.

Fuente: Transactions of the Society for Mining, Metallurgy and Exploration (2013).

Con este contexto está claro que los sistemas de navegación tienen mercado y aumentando en minería, aunque la actividad comercial de VMT GmbH dentro de este sector se limita a Herrenknecht AG ya que la el otro gran fabricante americano mundial Robbins y competencia directa de Herrenknecht AG también ha desarrollado algún producto en minería pero nunca montara los sistemas de navegación de VMT GmbH ya que es propiedad de Herrenknecht AG su competencia directa.

Cabe destacar que también existe alguna pequeña de empresa fabricante de tuneladoras que vive de las migas de este mercado pero debido al carácter económico de su franja de mercado, no las permite invertir en nuevos desarrollos tecnológicos para la minería por lo que tampoco es un mercado de ventas para VMT GmbH por el momento.

En lo que respecta a las rozadoras (Figura 6.8) siempre ha sido una potente herramienta de perforación en la minería, debido a la versatilidad de la misma para trabajar bajo un enorme abanico de situaciones que es lo que principalmente demanda la infraestructura minera.



Figura 6.8- Sistemas de Navegación para rozadoras.

Fuente: VMT GmbH (2008).

Este tipo maquinaria también ha estado en continua evolución donde la principal limitación que es el corte en rocas extremadamente duras o con gran abrasión está siendo cada vez menor debido a mejora en los útiles de corte por las nuevas aleaciones más resistentes así como una notable mejora en la eficiencia de la transmisión de potencia en la cabeza de corte, llegando a los 250-300MPa.

Si bien es cierto que la empresa matriz no fabrica rozadoras, y el mercado de la manufactura está liderado por Sandvik, Atlas Copco, Aker Wirth los cuales desarrollan sus propios sistemas de navegación o lo desarrollan en cooperación con algunas de las competidoras de VMT GmbH como Geodata también es cierto que aún existe un amplio rango de esta maquinaria presente en el mercado que no utiliza ningún sistema de guiado. Además de algunas posibilidad de cooperación en con laguna manufacturera de rozadoras como información que registre desde la fuerza de ventas de la empresa.

Como he analizado posteriormente en las tendencias de mercados, la mayor eficiencia de los procesos es uno de los primeros retos debido al aumento de los costes y

la disminución de los precios y en este punto de Sistemas de navegación unidos a sus posibles herramientas de gestión de la información tienen gran potencial.

Aunque cabe destacar a este punto que debido al elevado coste de los sistemas navegación basados en la topografía clásica para rozadoras o carros de perforación en relación con el coste de la maquinaria podría anular esta argumentación por lo que sería interesante el desarrollo de sistemas de guiado a menor coste posiblemente basados en sensores inerciales de bajo coste MEMs (*Microelectromechanical systems*) ya que presentan ventajas dinámicas frente a la topografía básica e igualmente hoy en día la precisión de los mismo se ha mejorado considerablemente.

6.4.1.2 *Sistemas de gestión de la información y monitorizado*

En este apartado se engloban también todos los productos derivados del proceso de perforación y sostenimiento además de los procesos de monitorizados asociados o no a los procesos de perforación:

1. Sostenimiento:

1.1. Sostenimiento con dovelas:

- 1.1.1. Sistema de documentación de dovelas.
- 1.1.2. Medición industrial de moldes y dovelas.
- 1.1.3. Secuenciación de anillos.
- 1.1.4. Sistema de medición de convergencia de anillos.
- 1.1.5. Sistema de comprobación de la planicidad en los bordes de las dovelas.
- 1.1.6. Sistema de medición automática de holguras entre dovelas.
- 1.1.7. Sistema de registro de presión de mortero.

1.2. Sostenimiento por inca de tubería:

- 1.2.1. Sistema automático de lubricación de Bentonita ABLs.
- 1.2.2. Sistema de medición de juntas GMS.

2. Productividad:

- 2.1. Sistema de gestión de perfiles.

3. Monitorizado de deformaciones como:

- 3.1. La subsidencia ocasionada por explotaciones mineras subterráneas.
- 3.2. La distribución de tensiones en el sostenimiento.

Así pues, si se utiliza un sostenimiento de la geología mediante anillos de hormigón, VMT GmbH ha desarrollado actualmente una gran variedad de productos para hacer más efectivo este proceso lo cual no lo hace un producto con cabida directa en el mercado, pero si es cierto que es un producto que puede dar una argumentación extra a la hora de utilizar un sistema de navegación de VMT GmbH frente a otros competidores.

Aunque como he explicado antes la comercialización de los sistemas de navegación para tuneladoras fuera de la actividad comercial de la empresa matriz no es posible. En el caso de las rozadoras, carros de perforación y excavadoras estas herramientas pueden ser una potente argumentación para la utilización de estos sistemas así como cualquier otra herramienta que se pueda desarrollar o adaptar a un proceso minero con este fin.

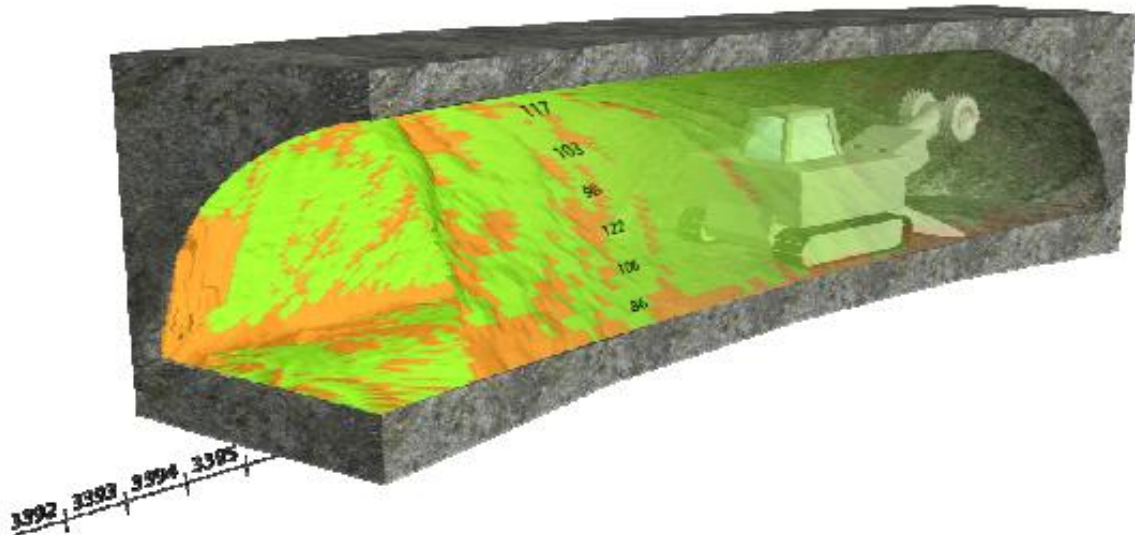


Figura 6.9- Gestión de perfiles corte con perforadora.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Así pues el sistema de gestión de perfiles de excavación (Figura 6.9) es una potente herramienta para combinar con los sistemas de navegación de rozadoras y carros de perforación ya que entregan al cliente una información de productividad muy valiosa directamente desde los utilices de corte así como de posicionamiento del bulonado de sistema de bulonado de soporte de la galería para un posterior monitorizado.

El monitorizado de las deformaciones es en un proceso minero que se debe realizar para controlar el reparto de las presiones, estado de los sostenimientos en las labores subterráneas así como la subsidencia que la misma puede causar en superficie. El automatizado de este proceso podría contribuir positivamente a evitar posibles accidentes así como pérdidas económicas debido a la información anticipada.

Es cierto que existen en el mercado productos de monitorizado de deformaciones, con lo que para competir por lo que el mismo argumento de sinergia de sistemas puede inclinar la balanza en favor de los sistemas de deformaciones de la empresa ya que existen las posibilidades de implementación de los mismos en sistemas de gestión de la información o plataformas de comunicación como se explicara más adelante.

6.4.2 Innovación

En referencia a la segunda premisa el rango de productos en el portfolio de VMT GmbH que puede ser introducido en el mercado minero como un nuevo desarrollo tecnológico o en vías de desarrollo cabe destacar:

6.4.2.1 Plataformas de comunicacion

Hades como he explicado es anteriormente es una plataforma de comunicación que prácticamente se puede instalar a cualquier tipo de mina tanto a cielo abierto como subterránea teniendo su mayor potencial en la minería subterránea ya que esa fue la esencia de su diseño (Figura 6.10).

Nacida como un sistema de comunicación control y rescate esta en continua evolución y adaptación a todo los tipos de sistemas que pueden interactuar en las obras subterráneas con el fin de convertirse en una versión virtual para brindar todos los adelantos tecnológicos actuales dela telecomunicación a la minería subterránea y todo el potencial de la sinergia sistemas en un todo uno.

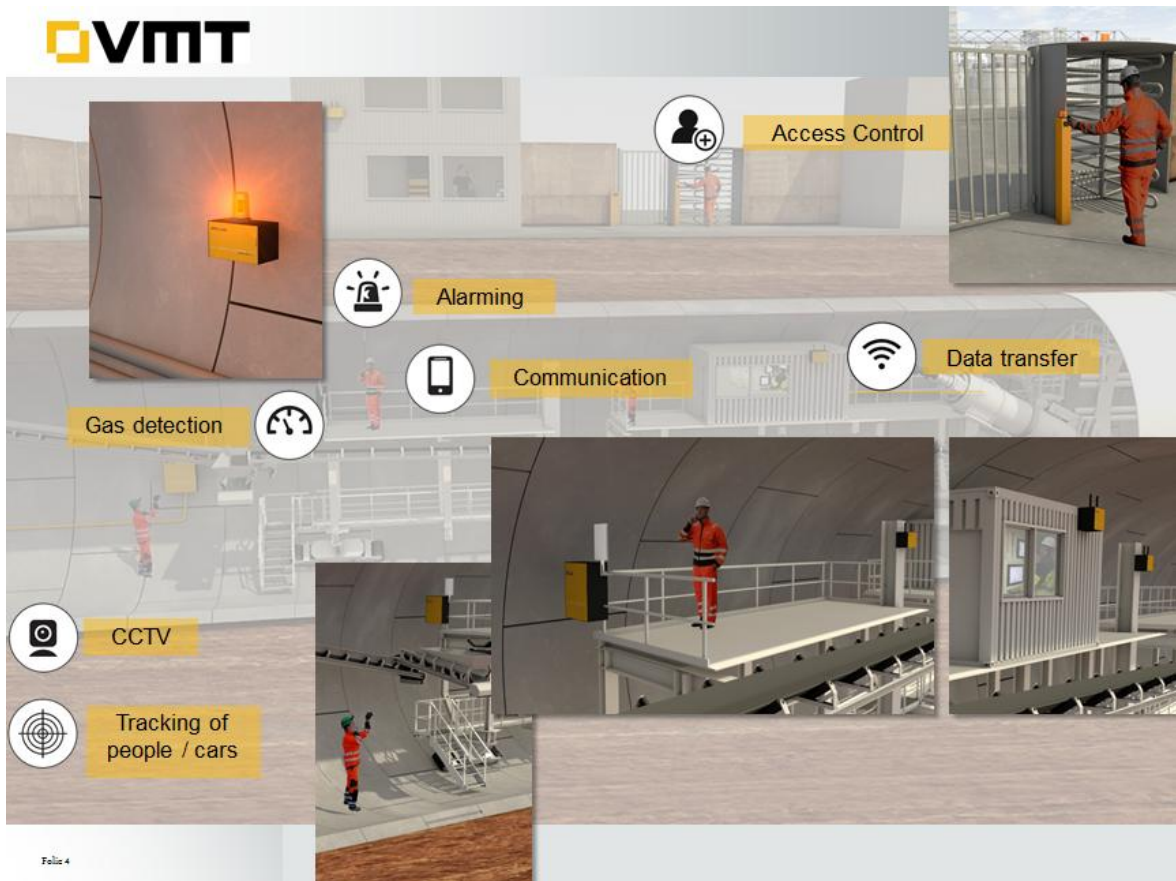


Figura 6.10.- Funcionalidades de HADES.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Sí que es cierto que se están desarrollando algunos sistemas en el mercado que tratan de cubrir algunos módulos de los actuales módulos de HADES, aunque aparentemente la aplicación de los mismo no está aún probada por lo que la oportunidad en este segmento del mercado no viene determinada por la experiencia como suele pasar en el mercado minero.

Por otro lado es un producto joven que puede ser moldeable y adaptable a cualquier propósito y la experiencia en parte de estos sectores como es la de monitorizado de deformaciones, sistemas de navegación, productividad y gestión de la información está presente la empresa. Es decir tenemos los ingredientes solo necesitamos cocinarlos adecuadamente con la colaboración directa de las empresas del sector minero.

6.4.2.2 Sistemas de gestión de la información

El sistema de gestión y análisis de la información *IRIS Mining* (Figura 6.11) desarrollado para DMC Mining & BHP Billiton en la perforación de dos pozos verticales para una mina de potasa en Jansen, Saskatchewan Canadá. Estos son los principales módulos implementados:

- ❖ Análisis e informes de los turnos de trabajo.
- ❖ Análisis e informes del rendimiento de la máquina de perforación y transporte de material.
- ❖ Análisis e informes del desgaste de las picas de corte en referencia con la geología circundante.
- ❖ Herramientas de análisis y generación de informes para toda clase de sensores.
- ❖ Gestión y control del mantenimiento realizado en la maquinaria.
- ❖ Gestión y organización del personal laboral.
- ❖ Notificaciones por correo electrónico:
 - Informes diarios personalizados del status de la mina.
 - Alarmas de seguridad.
 - Alarmas pre programadas para distintos sensores.

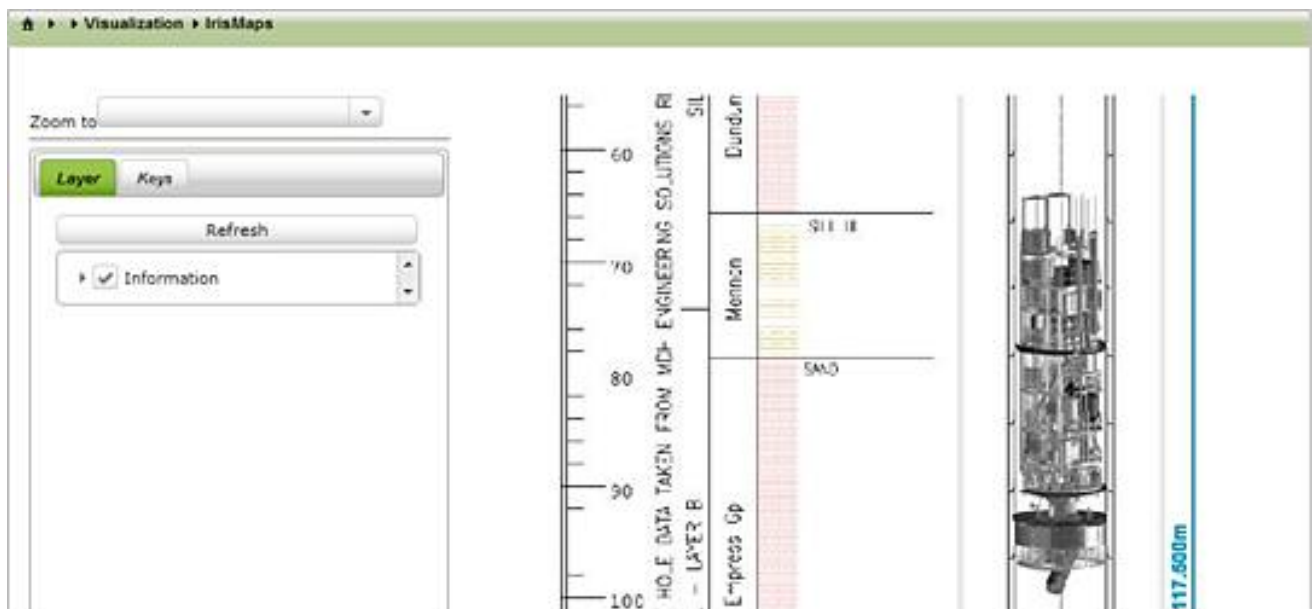


Figura 6.11.- Iris Mining.

Fuente: VMT GmbH (2014).

Este sistema nace como un sistema de gestión de la información proveniente de la multitud de sensores instalados en la maquinaria de excavación, en el caso de Jansen en Canadá la SBR, así como otros que pueden ser añadidos, a la que se han ido desarrollando más módulos, para centralizar la gestión de otros procesos paralelos a la excavación para poder tener accesos a toda la información proveniente de la mina desde un navegador web desde cualquier lugar del mismo.

Tampoco existen herramientas en el mercado que unifiquen, toda la información de los demás sistemas en uno, aunque con el desarrollo de HADES como sistema de gestión de la información con su propia base de datos y su propia red de telecomunicación en cierta medida las capacidades y fiabilidad de HADES sobrepasan las de *IRIS Mining*.

Tampoco quiero decir que es una competencia directa dentro del complejo organizativo de la empresa ya que cada una tiene su aplicación específica, en el caso de *IRIS Mining* como he dicho anteriormente su razón de ser proviene de la conexión y capacidades de análisis con la máquina de excavación y como tal una vez acabada la perforación la utilización del sistema pierde su principal fuerza aunque quizás solo sea esa su finalidad y utilidad. De aquí el mayor éxito de IRIS en el mercado de los túneles.

Hades por el contrario es una plataforma autónoma al sistema de perforación o actividad minera que se esté llevando a cabo pudiendo adaptarse a las necesidades cambiantes de la minería.

Así pues concluyo que *IRIS mining* tiene potencial específico y más destinado a la actividad económica de la empresa matriz o alguna actividad minera específica de perforación individual con maquinaria automatizada.

6.4.3 Asociación

En referencia a la tercera premisa la asociación con alguna empresa u organismo minero con experiencia y contactos en el mercado minero podría ser aplicado a cualquiera de los productos anteriormente descritos, de todas formas en este punto cabe la pena destacar que en el función del producto la posible asociación con beneficio comercial variara de carácter social, así pues podemos distinguir los siguientes grupos como:

1. Empresas puramente mineras dedicadas a la exploración, investigación o explotación.
2. Empresas proveedoras de servicios minero en cualquiera de los ámbitos relacionados con cada producto.
3. Organismos públicos, privados con o sin carácter de lucro con dedicación a la actividad minera. (Universidades, asociaciones científicas, revistas especializadas, etc.) con el fines de desarrollo de productos, marketing o ambos.

6.5 Exclusiones del mercado

Una vez definido los posibles productos que pueden tener cabida en el mercado de la minería estas son los mercados que he excluido con la consecuente argumentación.

El mercado de los hidrocarburos es un mercado con gran potencial comercial debido al carácter estratégico de los recursos energéticos. Pero también por esta razón es una industria con un gran desarrollo tecnológico y altamente competitivo donde las empresas de este sector como Schlumberger principal proveedor de tecnología han consolidado su puesto del mercado durante años de desarrollo e innovación, por lo tanto no es viable la actividad comercial de VMT GmbH en este segmento del mercado debido al nivel de desarrollo tecnológico así como la falta de experiencia.

Aunque no esté directamente relacionado con el mercado de los hidrocarburos cabe la pena destacar en este punto la similitud de la RBR (*Raise Boring Ring*) con los sistemas de perforación utilizados en el mercado de los hidrocarburos. La nueva máquina de perforación desarrollada por Herrenknecht AG para la aplicación de infraestructuras mineras, se diferencia del resto del mercado por su gran potencia y alcance (Figura 6.12).

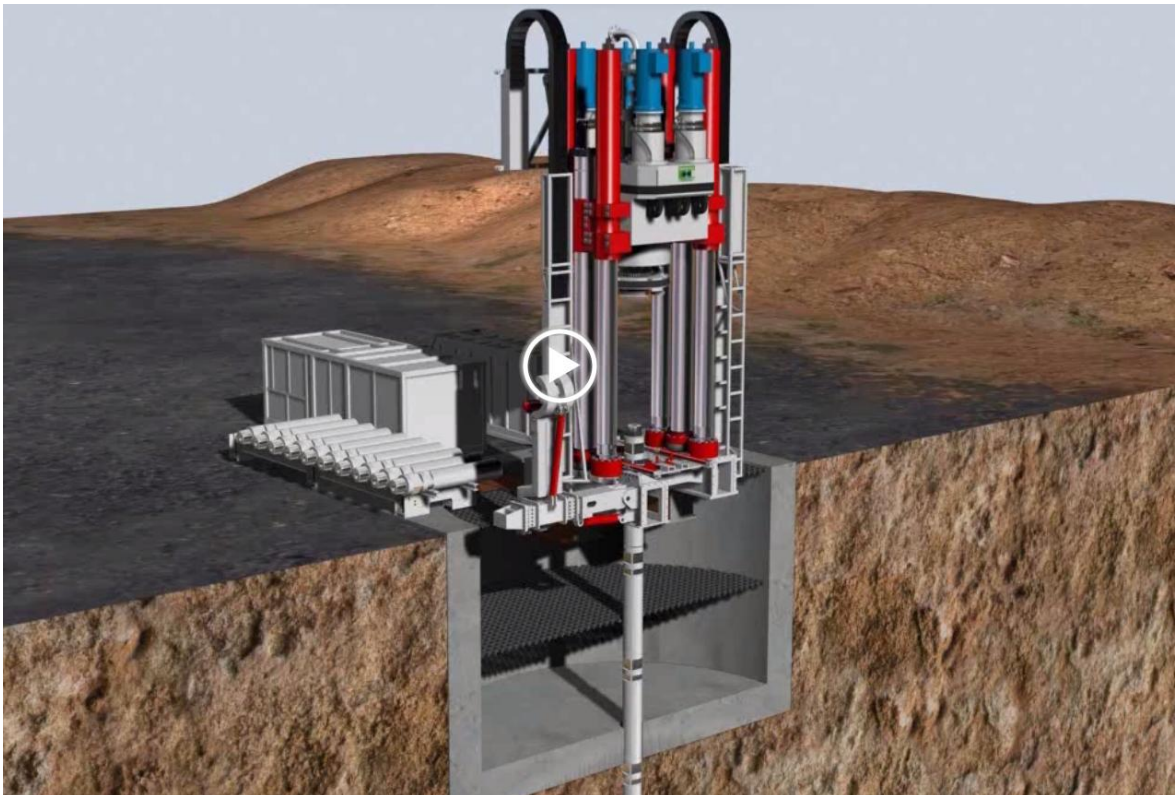


Figura 6.12. - Raise Boring Ring.

Fuente: Herrenknecht (2013).

Aquí VMT GmbH ha desarrollado un sistema de adquisición y monitorizado de datos, debido a la ventaja comercial de estar dentro del grupo Herrenknecht, el desarrollo de un sistema de guiado para este tipo de perforación también sería una oportunidad comercial provechosa aunque la tecnología utilizada en este tipo de guiados tiene un fundamento distinto a los sistemas de guiado utilizados por VMT GmbH que requeriría el uso de sensores de magnéticos, inerciales, geófonos, etc. Por el momento

queda excluido de este estudio por falta de experiencia en esa tecnología aunque sería un interesante proyecto de desarrollo.

La minería a cielo abierto también ha sufrido un elevado desarrollo tecnológico en los últimos años con la reto de aumentar la eficiencia de los grandes movimientos de tierras así como mejorar los sistemas de seguridad activa y pasiva además de disminuir los efectos perjudiciales causados por las actividades mineras en el medioambiente.

En esta actividad comercial la incorporación y el gran desarrollo en los últimos años de las principales empresas manufactureras de dispositivos y tecnología de medición como Trimble, Leica Mining hace económicamente no viable competir con estas industrias primarias ya que han conseguido desarrollar sistemas estandarizados a bajo coste para ofrecerlos a sus clientes finales. Además la estrategia de compra tecnológica de El grupo Hexagon está monopolizando también este mercado.

Dentro de las actividades topográficas y tecnológicas aplicadas a la minería de superficie podrían encontrar cabida los procesos de monitorizado y los sistemas de proceso y análisis de información dentro de la lista de productos que VMT ofrece actualmente. Aunque su aplicación sería en pequeña medida y como complemento a la otros productos principales para hacer rentables las consiguientes personalizaciones.

7 Conclusiones

Tras el análisis del mercado actual minero y las tendencias futuras a fecha de este estudio se puede concluir con que la situación económica mundial actual está forzando encarecidamente el continuo desarrollo de la tecnológica de la minería hacia una mayor eficiencia de procesos para hacer frente a los incrementos de los costes de explotación y por contraposición la bajada de precios.

Como queda plasmado en las inversiones de las grandes empresas mineras como Rio Tinto (sistemas inteligentes de transporte) BHP (cadenas de suministro integrada a la productividad, sistemas de gestión de la información), VALE en cooperación con CSIRO navegación y automatización de minería de frente largo) así como otros muchos proyectos de carácter internacional como: I2Mine, Blue mining, mininova, etc. Con el fin de conseguir una minería más eficiente.

En este entorno de cambio la es donde otras tecnologías desarrollados en otras disciplinas industriales pueden ser migradas al mercado minero y de ahí la oportunidad de mercado de las empresas que puedan dar soluciones a los nuevos retos tecnológicos para mejorar la eficiencia directa de los procesos mineros o cualquier actividad relacionada con las empresas mineras.

VMT GmbH ha desarrollado la mayoría de su metodología de trabajo, productos y tecnología, tras la actividad comercial de Herrenknecht AG, centrando sus actividades comerciales en las infraestructuras subterráneas.

La diversificación del Grupo Herrenknecht AG en Herrenknecht Mining alrededor del 2009-10, tomando como estrategia empresarial es desarrollo de nueva maquinaria para minería subterránea basada en antiguas tecnologías unida la experiencia e capacidad de innovación cosechada durante muchos años en el mercado de las obras de

infraestructura subterráneas ha sido satisfactoria acertada tras 4-5 años de actividad comercial.

VMT GmbH como empresa filiar del grupo Herrenknecht AG ha satisfecho la demanda tecnológica generada en la diversificación de Herrenknecht Mining como proveedor preferido y empresa filiar y lo seguirá haciendo en el futuro con las necesidades que surjan gracias al carácter innovador de la misma.

Por otra parte gracias al desarrollo tecnológico cosechado por la compañía así como la reciente experiencia adquirida en el sector de la minería en las actividades comerciales de Herrenknecht Mining, extiende las posibilidades comerciales de VMT GmbH en el mercado de la minería fuera de la actividad comercial por Herrenknecht AG. Igualmente esta actividad comercial sería beneficiosa para el grupo comercial ya que así de una forma u otro ganara representatividad dentro del mercado de la minería, lo cual es fundamental en una diversificación concéntrica de mercado.

Una ventaja operativa es tamaño de empresa VMT GmbH, ya que ofrece la posibilidad pueden llegar a otros clientes con menor capacidad adquisitiva frente a la actividad comercial ligada a Herrenknecht Mining. Así como otras manufacturas de maquinaria con tecnología similar a la desarrollada por Herrenknecht donde los actuales productos pueden encontrar su mercado.

A lo largo de este estudio se han tratado los 3 puntos clave en cualquier actividad comercial; el mercado, la empresa y sus productos para poder trazar una estrategia a desarrollar en los próximos años con el fin de obtener una actividad comercial lucrativa. En el punto 7 se han especificado cuales podrían ser los productos de con cabida en el mercado minero así como alguna de la fuerzas y debilidades de los productos a la hora de aplicar la tecnología desarrollada en el mundo de los túneles en la minería.

Así pues la estrategia a desarrollar por la empresa primeramente debería, reforzar los puntos débiles con la introducción y presentación de la empresa en el mercado minero lo cual supondría una inversión en marketing y promoción para conseguir en contacto directo con los clientes. Para este punto serian importantes la participación activa o pasiva en conferencias o exposiciones de servicios tecnológicos mineros, en los mercados con mayor potencial de inversión como se especificó en el análisis de mercado siendo el mercado de mayor potencial el mercado minero Australiano.

Paralelamente una adaptación en relación a la competencia y los requisitos teóricos del mercado, de los productos, de esta forma podremos tener la relación directa con la tecnología y las soluciones aportadas a día de hoy así como la comunicación directa con clientes para el desarrollo eficiente de productos específicos para el mercado de la minería.

Lista de referencias

- Ansoff, H.I. (1976): *La Estrategia de la Empresa*. Universidad de Navarra. Pamplona.
- Aachen University (2013): *International Mining Symposia*. Germany.
- Banco de España (2012): *El impacto de la Crisis en los Mercados Laborales de las Economías Desarrolladas*. Madrid.
- BHP Billiton (2014): *Value through productivity and growth*. Australia.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014): *Mining and Environment in Vietnam*. Germany.
- Caterpillar (2013): *Hard Rock Mining*. EE.UU.
- Codelco (2014): *Innovation and technologies*. Chile.
- CSIRO (2014): *Development of a Self-Navigating Continuous Miner*. Australia.
- Dean Brox Consulting Ltd. (2013): *Technical Considerations for TBM Tunneling for Mining Projects*. Canada.
- Fortescue (2014): *17th Annual Global Iron Ore and Steel Forecast Conference*.
- Herrenknecht AG (2014): *Future Trends in Shaft Development*. Germany.
- Herrenknecht AG (2014): *(informes internos, reuniones con el departamento estratégico de minería, metodología de productos)*. Germany.
- Hexagon (2014): *Annual Report*. Las Vegas, EE.UU.
- I2 Mine (2014): *Innovative Technologies and Concepts for the Intelligent Deep Mine of the Future*.
- International Monetary Fund (2012): *World Economic Outlook*.
- International Monetary Fund (2014): *Actualización de las Proyecciones Centrales*.
- Kali (2014): *Continuous Cutting Technology High-Extraction Underground Mining*.
- Krios Consulting GmbH (2013): *Underground Mining Perspective*. Germany.
- Menegaz, F. (2014): *World Financial Crisis*.
- Rio Tinto (2014): *Generating Significant Business Value*. Australia.
- Rio Tinto (2014): *Industrial Technology /Intelligent Transport System*. Australia.
- Sanahuja Perales, J.A. (2009): *Desequilibrios Globales: El Impacto de la Crisis en los Países en Desarrollo*.
- Walker, S (2014): *Drilling Enhances Shaft Safety*. Shafts & Raises.
- Reynolds, P. (2013): *Expanding Opportunities*, World Tunnelling.
- SNL Metals & Mining (2014): *State of the Mining Market and Finance Report*. England.
- The Economist (2013): *Crecimiento Medio de los Países Africanos*.
- Thyssen Schachtbau (2014): *Improvement of Conventional Shaft Sinking*.Germany.
- Vale & CSIRO (2014): *Navegación y Automatización de Minería de Frente Largo*. Australia.
- VMT GmbH (2014): *Material de la Metodología de Productos, Información desde las Fuerzas de Venta, Experiencia con Gestión de Productos Mineros y Contactos con otros Departamentos*. Germany.

Sitios web

- Codelco: <http://www.codelco.com> [Consulta: Agosto 2014].
- CSIRO: <http://www.csiro.au> [Consulta: Agosto 2014].
- Herrenknecht AG: <https://www.herrenknecht.com> [Consulta: Agosto 2014].

- ITC Engineering: <http://www.itc-engineering.de/es> [Consulta: Agosto 2014].
- I2Mine: <http://www.i2mine.eu> [Consulta: Julio 2014].
- Rio Tinto: <http://www.riotinto.com> [Consulta: Agosto 2014].
- Society for Mining, Metallurgy and Exploration:
http://www.smenet.org/docs/Publications/ME/Issue/Mid_Month_Transaction.pdf [Consulta: Agosto 2014].
- Vale: <http://www.vale.com/PT/Paginas/default.aspx> [Consulta Agosto 2014].
- VMT GmbH: <http://vmt-gmbh.de> [Consulta: Junio 2014].
- Word Tunelling: <http://www.world-tunnelling.com> [Consulta: Agosto 2014].