

Renzo Chirulli

Manual de Ingeniería No-Dig

Tecnologías, métodos de proyecto y cálculo

Autor: **Renzo Chirulli**
Título: **Manual de Ingeniería No-Dig**

Título original: Manuale di Ingegneria No-Dig
Traductor de la versión en Castellano: Juan Ignacio Corazza

1ª Edición: Octubre de 2016

ISBN: 978-84-946170-0-3
Materia Destacada IBIC: TN

Nº Depósito Legal: TF 694-2016

DERECHOS RESERVADOS
Copyright © 2016 por Renzo Chirulli
Tenerife - ESPAÑA



www.trenchless.eu

Todos los derechos de traducción, reproducción, almacenamiento y adaptación total o parcial con cualquier medio (incluyendo microfilme, fotocopia, escaneos y capturas digitales) reservados para todos los países.

La información contenida en este libro ha sido documentada y verificada en forma precisa. Ninguna responsabilidad derivada de su utilización podrá atribuirse al autor, o a cualquier otra persona o sociedad que haya contribuido a la creación, producción y distribución de este libro.

Las fotos de cubierta han sido gentilmente concedidas por:

A	B	C
D	E	F
G	H	I

- A) Vermeer Corporation
- B) Herrenknecht AG
- D) 3M
- E) Saertex multiCom® GmbH
- H) IDS Ingegneria dei Sistemi Spa
- I) Rico GmbH
- C) - F) - G) Propiedad exclusiva de Renzo Chirulli

Impreso por Multiprint, Puerto de La Cruz, S.C. de Tenerife – ESPAÑA.

Hay una verdad elemental sobre todo acto de iniciativa (y de creación), cuya ignorancia mata incontables ideas y planes esplendidos: que en el momento en que uno se compromete en definitiva, la Providencia también lo hace. Nos suceden todo tipo de cosas, que de otra manera no habrían ocurrido. A raíz de esta decisión, se desata un torrente de acontecimientos. De una, nos encontramos con toda clase de incidentes imprevistos, encuentros y ayuda material favorables con los que nadie podría haber soñado. He adquirido un profundo respeto por uno de los versos de Goethe: "Cualquier cosa que puedas hacer, o piensas que puedes hacer, empiézala. El atrevimiento posee genio, magia y poder en sí mismo".

William Hutchison Murray
(The Scottish Himalayan Expedition).

Este libro está dedicado a mis hijos Francesco Elio y Nené Nicole.

Prólogo de la edición 2011

La relación entre la ciudad y el suelo bajo ella es difícil y siempre muy problemática.

Relación difícil porque, aunque somos todos más o menos conscientes de la necesidad de las redes y la infraestructura tecnológica del subsuelo urbano, su importancia tiende a ser subestimada respecto a la infraestructura en superficie, que de otra forma está bien tenida en cuenta desde el punto de vista de la política, la información y el sentido común. Difícil además porque cada sitio de obra para intervenciones de construcción o rehabilitación en el subsuelo crea inconvenientes a veces muy pesados, extendidos en el tiempo y no siempre del todo justificados.

Relación cada vez más problemática porque los continuos desarrollos tecnológicos de la energía, la hidráulica y las comunicaciones generan permanentemente nuevas oportunidades para la vida civil y social de las ciudades; hoy en día muchos ambientes urbanos son atravesados por nuevas redes tecnológicas impensadas hace tan sólo una o dos décadas, como por ejemplo las redes de calefacción urbana o de cables de fibra óptica. También es cada vez más problemática porque la misma expansión urbanística, que a menudo crece por encima de las previsiones, continúa generando sobrecargas nuevas y pesadas en las redes antiguas construidas bajo condiciones urbanas menos exigentes, que necesariamente conducen a adaptaciones, actualizaciones y por tanto mayores obras y molestias en el territorio urbano. Desde este punto de vista son emblemáticas las redes cloacales y de drenaje urbano, sobrecargadas por el flujo de agua de lluvia cada vez más incompatible con las estructuras viejas, a menudo centenarias.

Naturalmente ante el progreso de estas dificultades se ha tratado de estar al día con los avances de la ingeniería, con propuestas tecnológicas innovadoras cuya validez sea avalada en el campo mediante la experiencia y los análisis de costo – beneficio en un amplio espectro, que tengan en cuenta también los costos indirectos inherentes a los inconvenientes del espacio urbano antes mencionados.

Es por tanto grande el interés técnico y científico del presente “Manual de Ingeniería No-Dig” que recoge y difunde un conjunto muy significativo de tecnologías desarrolladas en las últimas décadas para diseñar y construir o rehabilitar las redes tecnológicas subterráneas sin la apertura de excavaciones en superficie y por ende con interrupciones mínimas del ambiente urbano y significativos ahorros energéticos del proceso constructivo en general.

Renzo Chirulli es en Italia un estudioso y un maestro en este sector. Él se ha dedicado desde hace mucho tiempo a esta rama de la ingeniería con investigaciones y profundizaciones originales que se extienden desde los métodos de cálculo a las tecnologías de aplicación. En su continua actividad de divulgación en Convenios y Cursos universitarios de Actualización, así como en diversos Comités Técnicos y Científicos nacionales e internacionales, Chirulli acerca ahora este Manual que presenta en detalle una revisión exhaustiva de la materia y, por lo tanto, adquiere una importancia especial como instrumento operativo para aquellos que están y estarán involucrados en el diseño, supervisión y construcción de obras del tipo

no-dig (sin zanja). Entre otras cosas, al leer y recorrer los distintos capítulos del Manual, se encuentran numerosas referencias a las buenas prácticas de la ingeniería y al espíritu crítico y la imaginación que siempre caracteriza la investigación y el desarrollo de las buenas soluciones ingenieriles.

Renzo Chirulli merece entonces nuestro agradecimiento y el deseo que pueda encontrar más tiempo y energía renovada para lograr una difusión cada vez más amplia de las tecnologías *no-dig*.

Mayo, 2011

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

Politecnico di Milano, Italia

Prefacio del autor

El Manual de Ingeniería No-Dig es el resultado de más de veinte años de trabajo dedicado al desarrollo y empleo de tecnologías sin zanja, así como de la formación de tantas personas que en estos años han seguido los cursos, seminarios y convenios que he organizado o en los que he participado como docente.

Con respecto a las ediciones anteriores el Manual ha cambiado de nombre; la palabra ingeniería estuvo introducida en el título para subrayar un concepto fundamental que es a la base del desarrollo de cualquiera sector tecnológico: no se puede lograr un correcto desarrollo y una adecuada difusión de un sector tecnológico si paralelamente no se desarrolla y no se difunde aquel conjunto de conocimientos, metodologías y técnicas ingenieriles que permitan la correcta utilización de dicho sector.

Al escribir este manual me ha guiado la idea de ser capaz de contribuir al crecimiento de esta materia, compartiendo y difundiendo los enfoques y métodos ingenieriles, a menudo originales.

Este manual es por lo tanto un instrumento operativo, útil para quien se prepara para diseñar, dirigir o ejecutar trabajos de tipo *no-dig*. El Proyectista encontrará en él los métodos de cálculo necesarios para hacer realizables los proyectos que impliquen el uso de estas técnicas. El Director de Obra podrá aprender los conceptos y métodos útiles para poner en práctica un control real sobre los trabajos. El Contratista podrá profundizar su conocimiento de este sector de la tecnología dinámico y complejo, adquiriendo una visión más amplia, rigurosa y detallada del enfoque *trenchless*, útil para reconocer nuevas oportunidades de negocio. Muchos de los métodos de cálculo ilustrados constituyen una contribución personal y original a la constitución de procedimientos de diseño más estandarizados, que hacen a un acercamiento al *no-dig* menos empírico e incierto respecto del que hasta aquí se tiene en muchos países del mundo.

El *no-dig* representa un pequeño aporte a un cambio continuo que apunta a una mayor eficiencia energética en los procesos constructivos e industriales y a una reducción más drástica de los impactos de la actividad humana sobre el Planeta.

Como conclusión de este nuevo esfuerzo siento la necesidad de agradecer a todas aquellas personas que me han felicitado, o me han consultado por conocimientos más profundos, o también me han indicado cualquier inevitable error.

Todo, en efecto, es mejorable y como autor me queda la labor de mantener esta obra actualizada y operativa, compromiso no siempre fácil pero que por ser un apasionado de la materia, continúo asumiendo con gusto.

Octubre 2016

Dr. Ing. Renzo Chirulli
Puerto de La Cruz, ESPAÑA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1° CAPÍTULO - CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS NO-DIG Y PRINCIPIOS TÉCNICO-ECONÓMICOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PRINCIPALES VENTAJAS DEL NO-DIG.....	2
1.3 LA CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS NO-DIG.....	4
1.4 CAMPO DE APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS NO-DIG.....	7
1.5 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS GENERALIZADOS - IGC.....	8
1.5.1 Costo Indirecto Generalizado (IGC).....	12
1.5.1.1 Costos de interferencia con infraestructuras viales.....	12
1.5.1.1.1 C_{mtp} Costo del mayor tiempo de viaje sufrido por el usuario.....	13
1.5.1.1.2 C_{mc} mayor costo de combustible experimentado por el usuario.....	21
1.5.1.1.3 Caso de "VÍA BLOQUEADA".....	21
1.5.1.1.4 C_{tv} costos terminales de viaje adicionales.....	22
1.5.1.1.5 C_{pco} costo de la pérdida de características originales de la infraestructura vial.....	23
1.5.1.1.6 C_{is} costo social de los accidentes viales.....	24
1.5.1.1.7 C_{dv} incomodidad de viaje que sufren los usuarios.....	24
1.5.1.1.8 Coeficiente multiplicativo que depende de la naturaleza de la obra.....	25
1.5.1.2 Costos sociales.....	26
1.5.1.2.1 C_{de} costo derivado de las deseconomías externas.....	26
1.5.1.2.2 C_d costo de las molestias e interferencias con los espacios residenciales.....	27
1.5.1.3 Costos monetarios de compensación proporcionales al IGC.....	28
1.5.1.3.1 Utilización del método IGC para el cálculo de los costos monetarios de compensación.....	29
2° CAPÍTULO - INSTALACIÓN SIN EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO DE TUBOS Y CABLES ENTERRADOS.....	31
2.1 INTRODUCCIÓN	31
2.2 TECNOLOGÍAS DE INSTALACIÓN POR TIRO	31
2.2.1 <i>Directional Drilling</i>	32
2.2.1.1 Reseña histórica.....	32
2.2.1.2 Campos de aplicación del <i>directional drilling</i>	33
2.2.1.3 Materiales instalables con <i>directional drilling</i> y clases de tiro de las máquinas.....	40
2.2.1.4 La tecnología del <i>directional drilling</i>	46
2.2.1.5 Perforación piloto.....	47
2.2.1.6 Útiles de perforación direccionales.....	48
2.2.1.7 El anulus.....	58
2.2.1.8 Componentes principales de la batería de perforación.....	60
2.2.1.8.1 Astas de perforación.....	60
2.2.1.8.2 Tecnologías de fabricación de las astas de perforación.....	61
2.2.1.8.3 Radio de curvatura mínimo – MBR.....	66
2.2.1.8.4 Sección de mínima resistencia de la batería de perforación.....	72
2.2.1.9 Sistemas de guía.....	73
2.2.1.9.1 Sistemas de guía <i>walk-over</i>	73
2.2.1.9.2 Sistemas magnéticos de guía– MGS.....	76
2.2.1.9.3 Sistemas de guía inerciales.....	79
2.2.1.10 Ensanche.....	79

2.2.1.10.1	Cálculo del sobre ensanche	82
2.2.1.10.2	Cálculo de las pasadas intermedias de ensanchador	83
2.2.1.11	Tiro	86
2.2.1.12	Cálculo del tiro	87
2.2.1.12.1	Cálculo del tiro mínimo T_{\min}	87
2.2.1.12.2	Rozamiento por contacto entre la superficie exterior del tubo y las paredes internas del orificio	89
2.2.1.12.3	Rozamiento por el contacto entre tubo y suelo fuera del orificio	91
2.2.1.12.4	Reacciones elásticas del tubo en los tramos curvos y rozamiento localizado	93
2.2.1.12.5	Resistencia a la flexión del tubo en los tramos curvos del orificio	96
2.2.1.12.6	Acción hidrocínética del fluido de perforación	96
2.2.1.12.7	Efecto cabrestante (<i>capstan effect</i>)	97
2.2.1.12.8	Diagrama distancia-tiro	98
2.2.1.12.9	Influencia de los coeficientes de rozamiento y del nivel de llenado de la tubería sobre los valores de tiro mínimo	112
2.2.1.12.10	Cálculo del tiro máximo, T_{\max}	115
2.2.1.12.11	El tiro en caso de colapso del orificio	116
2.2.1.13	As built del tubo – tecnologías de seguimiento del eje del tubo	117
2.2.2	Impact moling	120
2.3	TECNOLOGÍAS DE INSTALACIÓN POR EMPUJE	122
2.3.1	Microtunneling	123
2.3.1.1	Reseña histórica y terminología	123
2.3.1.2	Campos de aplicación del <i>microtunneling</i>	126
2.3.1.3	Tecnologías de <i>microtunneling</i> con instalación de tubos en segmentos	126
2.3.1.3.1	Sistemas de evacuación mecánica de detritus con escudo de frente abierto con excavación manual o mecanizada	128
2.3.1.3.2	Sistemas de evacuación mecánica de detritus con escudo con fresa y sinfín de sección completa (<i>auger boring</i>)	132
2.3.1.3.3	Sistemas de evacuación mecánica de detritus con escudo con fresa motorizada y sinfín excéntrico	135
2.3.1.3.4	Sistemas EPB (<i>Earth Pressure Balance</i>)	135
2.3.1.3.5	Sistemas de evacuación mecánica de detritus por vagones con escudo de frente cerrado con avance autónomo – mini TBM	137
2.3.1.3.6	Sistemas de evacuación hidráulica de detritus con escudo de frente cerrado con circulación de lodos y sostenimiento hidráulico del frente de excavación (<i>slurry shield</i>)	138
2.3.1.4	<i>Microtunneling</i> con instalación de tubos continuos <i>Direct Pipe</i> [®]	142
2.3.1.5	Direccionalidad de los sistemas de <i>microtunneling</i> – trazados curvos	144
2.3.1.6	Cálculo del empuje en el <i>microtunneling</i>	145
2.3.1.6.1	Fuerzas de contacto frontales escudo-suelo	145
2.3.1.6.2	Fuerzas de rozamiento laterales en el contacto escudo-tubería-suelo	146
2.3.1.7	<i>Microtunneling</i> en roca	147
2.3.2	Pilot tubing	150
2.3.3	Pipe ramming	155
2.3.3.1	Pipe ramming de frente cerrado y de frente abierto	156
2.3.3.2	Fuerzas de empuje en el <i>pipe ramming</i>	158
2.3.3.3	Rango dimensional y percutores	160
2.3.3.4	Aplicaciones del <i>pipe ramming</i>	160
2.4	MUD ENGINEERING	161
2.4.1	Wet boring y dry boring	161
2.4.2	Fluidos a base de agua	162
2.4.2.1	Circulación de los fluidos a base de agua	163
2.4.2.2	Relación entre caudal del fluido y ROP	165
2.4.2.3	Viscosidad plástica, viscosidad aparente, <i>yield point</i> y <i>gel strength</i>	166

2.4.2.3.1	Elementos de reología	166
2.4.2.3.2	Fluidos newtonianos	167
2.4.2.3.3	Fluidos de Bingham	170
2.4.2.3.4	Fluidos pseudoplásticos	170
2.4.2.3.5	Medición de YP, PV y AV	170
2.4.2.3.6	Gel strength	171
2.4.2.3.7	Viscosidad de embudo de Marsh	172
2.4.2.3.8	Efectos de la viscosidad y del <i>gel strength</i>	172
2.4.2.4	Densidad (<i>specific gravity</i>)	175
2.4.2.5	Contenido de sólidos (<i>solid content</i>)	176
2.4.2.6	Contenido de arena (<i>sand content</i>)	177
2.4.2.7	Filtrado y torta filtrante (<i>filtrate</i> y <i>filter cake</i>)	178
2.4.2.8	pH, cloruros y dureza del agua de mezclado	179
2.4.2.9	Modalidades de formulación y elaboración de los fluidos de perforación a base de agua	180
2.4.2.10	Verificación de presiones en el orificio	181
2.4.2.10.1	Cálculo de la presión máxima en el fondo del orificio	183
2.4.2.10.2	Cálculo de la presión límite en el orificio	184
2.4.3	Fluidos en fase prevalentemente gaseosa	186

3º CAPÍTULO - REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS EXISTENTES..... 189

3.1	INTRODUCCIÓN	189
3.2	REHABILITACIÓN FUNCIONAL PARCIAL O TOTAL DE LAS TUBERÍAS ENTERRADAS	191
3.3	TRABAJOS PRELIMINARES Y PREPARATIVOS EN INTERVENCIONES DE REHABILITACIÓN O SUSTITUCIÓN.....	195
3.3.1	Salida de servicio de la tubería existente	195
3.3.2	Vídeo inspección pre-ejecutiva.....	196
3.3.3	Limpieza de la tubería huésped	197
3.4	REHABILITACIÓN CON TUBOS Y REVESTIMIENTOS CONSTRUIDOS EN OBRA	199
3.4.1	Tubos y revestimientos polimerizados en sitio.....	199
3.4.1.1	<i>Cured In Place Pipe</i>	199
3.4.1.1.1	Normas de referencia en el CIPP	202
3.4.1.1.2	Tipos de resinas utilizadas en el CIPP	204
3.4.1.1.3	Adherencia del <i>liner</i> al soporte.....	207
3.4.1.1.4	Tipologías de <i>liner</i> utilizados en el CIPP	208
3.4.1.1.5	Impregnación del <i>liner</i>	210
3.4.1.1.6	Métodos de inserción del <i>liner</i> en el tubo huésped	211
3.4.1.1.7	Instalación del <i>pre-liner</i>	217
3.4.1.1.8	CIPP térmico	219
3.4.1.1.9	UV CIPP	223
3.4.1.1.10	Cálculo del espesor del <i>liner</i> – ASTM F1216-09.....	228
3.4.1.2	Coating estructural y semi-estructural	241
3.4.1.3	Coating anticorrosivo	243
3.4.2	Cementación - CML	245
3.4.2.1	Reseña histórica	245
3.4.2.2	Normas de referencia en el CML.....	246
3.4.2.2.1	Norme AWWA	246
3.4.2.2.2	Normas EN.....	246
3.4.2.2.3	Normas DIN y DVGW.....	246
3.4.2.3	Metodología de trabajo	246
3.4.2.4	Características del mortero.....	250
3.4.2.4.1	Resistencia al estallido y a la filtración de orificios y fisuras tapadas con mortero de cemento.....	253
3.4.3	Tubos y revestimientos en espiral: spiral wound lining.....	255

3.4.3.1	Normas de referencia en el SWL	257
3.5	REHABILITACIÓN CON TUBOS Y REVESTIMIENTOS CONSTRUIDOS FUERA DE OBRA	261
3.5.1	<i>Close-fit lining</i> – rehabilitación con tubos adherentes.....	261
3.5.1.1	Normas de referencia en el CFL	262
3.5.1.1.1	Normas EN.....	262
3.5.1.1.2	Norme ASTM.....	262
3.5.1.2	Tecnologías RDP.....	262
3.5.1.3	Tecnologías MFP.....	265
3.5.2	<i>Loose-fit lining</i> – rehabilitación con tubos no adherentes.....	267
3.5.2.1	Normas de referencia en el LFL	268
3.5.2.1.1	Normas EN.....	268
3.5.2.1.2	Normas ASTM.....	268
3.5.2.2	Etapas ejecutivas	268
3.5.2.3	Fuerza de tiro o empuje.....	270
3.5.2.4	Mangueras armadas.....	271
3.6	TECNOLOGÍAS DE <i>FLOOD GROUTING</i>	274

4° CAPÍTULO - SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS EXISTENTES 279

4.1	INTRODUCCIÓN	279
4.2	TECNOLOGÍAS DE SUSTITUCIÓN POR FRAGMENTACIÓN – <i>PIPE BURSTING</i>	280
4.2.1	Etapas de ejecución.....	281
4.2.2	Pipe bursting estático.....	283
4.2.3	Efectos de superficie y sobre servicios subterráneos preexistentes	287
4.2.3.1	Efectos de superficie	288
4.2.3.2	Efectos sobre los servicios subterráneos preexistentes.....	290
4.2.4	Máquinas para el tiro.....	293
4.2.5	Pipe bursting dinámico.....	298
4.2.6	Pipe bursting con expansores hidráulicos.....	300
4.3	TECNOLOGÍAS DE SUSTITUCIÓN POR CORTE - <i>PIPE SPLITTING</i>	301
4.4	TIPOS DE TUBERÍAS INSTALABLES MEDIANTE <i>PIPE BURSTING</i> Y <i>PIPE SPLITTING</i>	302
4.5	TECNOLOGÍAS DE SUSTITUCIÓN POR ESCARIADO: <i>PIPE REAMING</i> Y <i>PIPE EATING</i>.....	304
4.5.1	Pipe reaming	304
4.5.2	Pipe eating	305

5° CAPÍTULO - INSPECCIONES PRELIMINARES A INTERVENCIONES *NO-DIG* 307

5.1	INTRODUCCIÓN	307
5.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO	310
5.2.1	Caracterización geológico-geotécnica.....	310
5.2.1.1	Encuadramiento geológico de la zona	311
5.2.1.2	Prospecciones geofísicas.....	311
5.2.1.3	Sondeos con toma de muestras, ensayos en sitio y ensayos de laboratorio ..	313
5.2.2	Caracterización físico-química del subsuelo	314
5.3	MAPEO DEL SUBSUELO.....	315
5.3.1	Relevamientos de superficie	317
5.3.2	Mapas temáticos de los servicios subterráneos.....	319
5.3.3	Sondeos instrumentales en sitio	320
5.3.3.1	Sistemas de radar para la detección y el mapeo de servicios enterrados	320
5.3.3.2	Límites de aplicación de los sistemas de radar	326
5.3.3.3	Localizadores	327
5.4	DIAGNÓSTICO DE LAS TUBERÍAS.....	329

5.4.1	Análisis de los deterioros en las tuberías enterradas	330
5.4.1.1	Pérdidas en las juntas	330
5.4.1.2	Orificios pasantes	331
5.4.1.3	Fisuras en las paredes	332
5.4.1.4	Ovalación.....	332
5.4.1.5	Corrosión	333
5.4.1.6	Degradación del revestimiento interno	334
5.4.1.7	Sedimentos, incrustaciones y obstrucciones.....	334
5.4.1.8	Ingreso de raíces	334
5.4.1.9	Colapsos localizados o extendidos	336
5.4.2	Técnicas de diagnóstico.....	336
5.4.2.1	Diagnóstico por imágenes – video inspección	337
5.4.2.2	Detección de fugas	340
5.4.2.3	Mediciones extensivas del espesor de pared de la tubería.....	341
5.5	CUADRO INFORMATIVO PRELIMINAR Y EJECUTIVO.....	341
5.5.1	Cuadro informativo preliminar	341
5.5.2	Cuadro informativo ejecutivo.....	343

APÉNDICE 1 - TABLAS DE CONVERSIÓN DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DE MEDIDA	345
--	------------

APÉNDICE 2 - PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS ROCAS	347
UCS - <i>Uniaxial Compressive Strength</i>	347
RQD – <i>Rock Quality Designation</i>	349
Índice de Schimazek.....	349
CAI – Cerchar Abrasivity Index (índice de abrasividad Cerchar)	350

ÍNDICE ANALÍTICO.....	351
------------------------------	------------

OBRAS CITADAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	363
--	------------

ÍNDICE DE LAS ILUSTRACIONES Y EMPRESAS CITADAS EN EL VOLUMEN.....	367
--	------------

ÍNDICE ANALÍTICO

A

ABM · 133
 abrasividad · 314, 350
 acción hidrocínética · 88, 96, 97, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111
 acción hidromecánica · 55
 aceleradores · 205
 acelerómetros · 73, 76
 acero no magnético · 73
 ácido silícico · 276
 adherencia del liner al soporte · 207
 aditivos · 87, 115, 130, 138, 162, 163, 174, 176, 180, 181
 de control del filtrado · 180
 inhibientes · 180
 lubricantes · 115, 180, 270
 obstructores · 180
 viscosizantes · 180
 aire comprimido · 186, 298, 299
 ambient curing · 215, 223
 American Petroleum Institute · ver API
 análisis de costos indirectos generalizados · 8, 10, 11
 análisis granulométrico · 314
 ángulo de viraje · ver desviación
 annulus · ver anulus
 anulus · 58, 59, 87, 96, 142, 163, 164, 173, 181, 183, 267, 270
 API · 64, 177, 179
 ART · 341
 as built del tubo · 117
 asbesto cemento · 189, 190, 304
 asimetría axial · 48
 asimetría axial transversal · 55
 asimetría longitudinal · 48, 51, 54
 asimetría transversal · 48, 55, 57
 asta de perforación · 60, 61, 63, 65, 72, 73
 asta forjada · 62
 asta forjada-friccionada · 62
 astas de perforación · 47, 52, 60, 61, 62,

63, 64, 65, 69, 70, 71, 73, 76, 80, 151, 163, 165, 304
 astas electrosoldadas · 62
 astas ensambladas · 62
 astas forjadas · 62
 astas friccionadas · ver astas soldadas por fricción,
 astas soldadas por fricción · 62
 auger · ver sinfines
 auger boring · 126, 132, 133
 Auger Boring Machine · ver ABM
 autosostenimiento del orificio · 143, 186
 AV · ver viscosidad aparente
 avance autónomo · 126, 137
 azimut · 47, 77, 79

B

back-reamer · ver ensanchador
 backreaming · 46
 barrel · 82
 batería de perforación · 46, 47, 48, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 79, 84, 86, 87, 95, 180, 187, 304
 bent sub · 48, 51, 52, 54
 bentonita · 138, 161, 162, 163, 174, 180, 181
 bentonita de Wyoming · 163
 bentonite mud · ver lodo bentonítico
 berstlining · ver pipe bursting
 bias · 75
 biopolímeros · 162, 163
 bloqueo de la tubería · 164
 blows per minute · 52
 bumping · 53, 288, 289, 307
 by-pass · 195, 196, 268

C

- cabeza de perforación · 47, 48, 49, 127, 145, 146, 147
 cabeza de tiro · 86, 98
 cabeza giratoria centrífuga · ver spinning head
 cabezal de rotación · 45, 52, 54, 60, 67, 87
 cabrestantes de tracción controlada · 281, 293, 296
 CAI · ver ensayo Cerchar,
 calcio disuelto en agua · 180
 cálculo de la presión límite en el orificio · 184
 cálculo de la presión máxima en el fondo del orificio · 183
 cálculo de las pasadas intermedias de ensanchador · 83
 cálculo del empuje en el microtunneling · 145
 cálculo del espesor del liner · 228
 cálculo del tiro · 87
 cálculo del tiro máximo · 115
 camisa de acero · 132
 campo magnético artificial · 76, 77
 campo magnético terrestre · 76, 77, 312
 canal de impulsión · 163, 165
 canal de retorno · 142, 163, 164, 165
 capstan effect · ver efecto cabrestante, caracterización geológico-geotécnica · 310
 carbonato de sodio · 180, 181
 carga unitaria de rotura · 65
 carrier · 200, 204
 catalizadores peroxídicos · 205
 caudal del circuito · 165
 Cement Mortar Lining · ver CML
 cementación · ver CML
 CFL · ver close-fit lining
 CFP · ver CFL
 chips · 147, 149
 ciclo térmico · 219, 220, 221, 222, 223
 cintas transportadoras · 123
 CIPP · 194, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 210, 211, 217, 219, 223, 224, 225, 226, 228, 229, 233, 234, 241, 296, 309
 normas de referencia en el · 202
 térmico · 219
 tipos de resinas utilizadas en el · 204
 circuito de circulación y reciclaje · 164
 circulación del fluido · 49, 98, 164, 165, 181, 270
 circulación del fluido de perforación · 49, 98, 181
 circumferential frictional resistance · ver resistencia circunferencial de rozamiento
 circumferential membranal stress · ver tensión de membrana circunferencial
 clase de rigidez del suelo · 237
 clasificación de las tecnologías no-dig · 4
 clay-free · 162, 163
 cloruros · 163, 179, 180, 181
 close-fit lining · 194, 261, 262, 265
 close-fit pipe · ver CFP
 CML · 194, 245, 246, 247, 250, 252, 254, 255, 332
 coating
 estructural · 241
 semi-estructural · 199, 241, 255, 332
 coating anticorrosivo · 194, 199, 243
 coating estructural · 194, 199, 241
 coeficiente de acción desviadora · 58
 coeficiente de Hazen-Williams · 247
 coeficiente de Poisson del suelo · 185, 286
 coeficiente de rozamiento · 58, 88, 91, 112, 146
 coeficiente de sobre ensanche · 93
 coeficiente multiplicativo dependiente de la naturaleza de la obra · 12, 25
 coeficiente multiplicativo que depende de la naturaleza de la obra · 25
 coeficientes de rozamiento · 112, 115, 146
 colapso del orificio · 116, 117, 164, 186
 colapsos localizados o extendidos · 336
 coloide · 162, 178, 180, 181
 coloides · 176
 columna de agua · 200, 212, 213, 215
 compactación · 23, 120, 186, 187, 188, 238, 289, 290, 292, 311
 compensation grouting · 8, 39
 componente desviadora · 58
 compresor · 120, 186, 187, 298
 conductos a presión · 238
 Cone Penetration Test · ver CPT

confinamiento del flash interno · 63, 64
 conos rotantes · 80, 84
 conos rotativos · 53
 consolidación del terreno · 8, 40
 contenido de arena · 163, 177
 contenido de sólidos · 163, 176, 177
 continuidad circunferencial · 255
 continuous working · ver ejercicio
 continuo
 control óptico de la trayectoria · 132, 144
 conveyor belt · ver cintas transportadoras
 copolimerización · 205
 corona de ensanche · 84
 correlator multifuncional · 340
 corrosión · 333
 cortador a disco · 147, 148
 carga máxima para un · 150
 cortadores a disco · 147, 148, 149
 costo de combustible sufrido por el
 usuario · 12, 21
 costo de construcción · 9, 27, 28
 costo de la pérdida de características
 originales de la infraestructura vial ·
 12, 23
 costo del impacto ambiental · 12
 costo del mayor tiempo de viaje sufrido
 por el usuario · 12, 13
 costo del riesgo · 12, 308
 costo directo · 9, 10, 11
 costo generalizado · 10
 costo indirecto generalizado · 11, 12
 costo social de los accidentes viales · 12,
 24
 costo Unitario Indirecto Generalizado · 28
 costos de interferencia con
 infraestructuras viales · 12
 costos de la interferencia con
 infraestructuras de transporte · 12
 costos indirectos · 9, 10, 11, 342
 costos monetarios de compensación ·
 28, 29, 30
 costos sociales · 12, 26
 costos terminales de viaje adicionales ·
 12, 22
 CPT · 313
 CPTU · 313
 criterio de resistencia de Von Mises · 69
 cross-hole · 312
 cross-over · 48, 60

cuerpos viscoelásticos · 166
 Cured In Place Pipe · ver CIPP
 curva de par motor · 49
 curva de potencia · 49
 curva de velocidad · 49
 curvatura · 47, 54, 65, 66, 67, 68, 69, 71,
 83, 87, 93, 94, 95, 116, 123, 144, 239,
 240, 265
 cutting · 130, 162, 172, 176, 177
 cuttings · 173

D

DDD · ver dry directional drilling
 decantación · 164
 degradación del revestimiento interno ·
 334
 densidad · 27, 112, 163, 175, 176, 178,
 183, 208, 222, 233, 236, 238, 290,
 292, 311, 312, 313, 314, 323, 342
 desander · ver desarenador
 desarenador · 177, 178
 deseconomías externas · 10, 26, 27
 desilter · ver unidades de separación de
 limo
 desplazamiento · 57, 58, 92, 93, 112,
 115, 156, 160, 174, 287, 288, 290,
 291, 292, 293, 295, 300
 desviabilidad · 66
 desviación · 47, 49, 54, 57, 66, 67, 75,
 88, 93, 97, 99, 101, 103, 105
 detección · 8, 193, 320, 321, 323, 326,
 327, 328, 331, 336, 340
 de fugas · 340
 detectores de fugas · 340
 deterioros en las tuberías enterradas ·
 330
 detrimental solids · ver parte sólida
 perjudicial
 diagnóstico de las tuberías · 309, 329
 diagnóstico por imágenes · 336, 337
 diafragmas · ver log geofísicos
 diagrama de deformabilidad · 71, 72
 diagrama de Wöhler · 70
 diagrama distancia-tiro · 98
 dinamómetros · 98
 dipolo-dipolo o pseudosecciones · 312
 direccionalidad · 48, 57, 132, 151

Direct Pipe® · 122, 142, 143, 144
 directional drilling · 5, 31, 32, 33, 34, 35,
 36, 37, 38, 39, 40, 45, 46, 53, 54, 59,
 60, 61, 62, 64, 66, 70, 73, 75, 76, 79,
 117, 119, 122, 138, 143, 151, 161,
 172, 175, 186, 270, 304, 311, 313,
 314, 315, 318
 dislocación · 120
 dislocamiento · 186, 188
 dispersión coloidal · 162
 double shield TMB · ver DS TBM
 down-hole · 312
 drill pipe · ver astas de perforación
 drill rod · ver astas de perforación
 drill string · ver batería de perforación
 drilling path · 47
 dry boring · 161, 162, 186
 dry directional drilling · 186
 DS TBM · 137
 duck bill · 55
 dureza del agua · 163, 179, 180

E

Earth Pressure Balance · ver EPB
 ecuación de Lamb · 169
 efecto arco · 186, 188
 efecto cabrestante · 88, 97, 99, 100, 101,
 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110,
 111
 efectos de superficie · 53, 162, 287, 288,
 289, 290, 292
 efectos sobre los servicios subterráneos
 preexistentes · 287, 290
 E-Glass · 208
 ejercicio continuo · 61, 64, 69, 70, 71
 embudo de Marsh · 163, 172, 175
 empleo extremo · 61, 69, 70, 71
 empuje total · 145
 encuadramiento geológico de la zona ·
 311
 energía geotérmica · 8, 33
 enlaces laterales · 195, 196, 197
 ensanchador · 46, 79, 80, 81, 82, 83, 84,
 151, 155, 165, 173
 ensanchadores · 60, 80, 155
 ensanche · 46, 59, 60, 68, 79, 80, 82, 83,
 84, 86, 87, 112, 117, 150, 151, 154,

161, 162, 164, 165, 166, 173, 175,
 181, 186, 187, 304
 ensayo Cerchar · 314, 350, 371
 ensayo del cono de ABRAMS · 252, 253
 ensayo Lugeon · 314
 ensayos de deformabilidad · 314
 ensayos de laboratorio · 236, 311, 313
 ensayos en sitio · 311, 313
 ensayos triaxiales · 314
 enterramiento · 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 33
 EPB · 126, 135, 136, 138
 escarpa direccional · 55, 57, 58
 escudo · 123, 124, 126, 128, 129, 130,
 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138,
 145, 146, 147
 escudo de frente abierto · 128, 129, 130,
 131
 esfuerzo de corte · 166, 170
 espumígenos · 162
 estabilizadores · 48, 60
 estallido · 250, 253, 254, 255, 271
 estator · 49
 estireno · 205, 206, 207, 208, 217, 218,
 219, 220, 222, 223, 224, 225
 evacuación hidráulica de detritus · 123,
 125, 126, 130, 138, 139, 140, 141,
 143, 146
 evacuación mecánica de detritus · 123,
 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132,
 133, 135, 136, 137, 150
 excavaciones a cielo abierto · 3
 excentricidad de la acción de excavación
 · 56
 expansor
 cónico · 280, 283, 286
 truncocónico · 283
 expansores
 tronco-piramidales · 287
 explosion-proof · 337
 extreme working · ver empleo extremo

F

factor dimensional del CIPP · ver SDR
 fase continua · 162
 fase dispersa · 162
 FFW · ver asta forjada-friccionada
 fibras aramidadas · 271, 272
 filter cake · ver torta filtrante

filtración · 179, 250, 255
 filtrado · 46, 163, 178, 179, 180
 filtrate · ver filtrado
 filtration · ver filtración
 fischer · 86
 fisuras en las paredes · 332
 flexión derivada de la curvatura · 68
 floculación · 180
 flood grouting · 194, 274, 277
 flotación · 88, 119, 233, 270
 factor de · 233
 fluido de perforación · 46, 47, 59, 87,
 115, 116, 138, 142, 151, 161, 170,
 172, 175, 179, 180, 181, 314, 315
 fluidos a base de agua · 53, 161, 162,
 163, 176, 179
 circulación de los · 163
 fluidos a base de aire · 162
 fluidos de Bingham · 167, 170
 fluidos en fase prevalentemente gaseosa
 · 186, ver fluidos a base de aire
 fluidos en fase prevalentemente líquida ·
 ver fluidos a base de agua
 fluidos newtonianos · 166, 167
 fluidos pseudoplásticos · 170
 fluidos reopécticos · 172
 fluidos tixotrópicos · 172
 flujo laminar · 168
 fly cutter · 81
 forged one piece · ver astas forjadas
 Forged-Friction-Welded Drill Pipe · ver
 asta forjada-fricciónada
 frac-out · 117, 162, 164, 177, 178, 181,
 187
 fragmentación del tubo · 283, 285, 288,
 298
 frecuencia de golpeo · 52, 299
 frente abierto · 123, 126, 132, 156, 158,
 159, 160, 305
 frente cerrado · 126, 132, 135, 137, 138,
 156, 158, 159, 305
 fresa de roca · 133
 fresa motorizada · 126, 135, 136
 fresadora de movimiento orbital · 123
 fuerza del gel · ver gel strength
 fully deteriorated host pipe · ver tubo
 huésped completamente deteriorado
 fundición · 9, 31, 40, 241, 245, 246, 249,
 279, 280, 281, 286, 292, 296, 298,
 301, 303, 333

G

gel · 162, 164, 175, 180, 276
 gel strength · 163, 166, 172, 173, 175
 geoelectrica · 312, 313
 geofísica de pozos · 312
 geofísica de superficie · 312
 geófonos · 331, 340
 georadar · 312, 320, 321
 giróscopos · 79, 119
 GPR · ver georadar
 Ground Probing Radar · ver GPR
 guía remota · 76
 guided boring · ver pilot tubing
 Gyroscope Measurement System · 119

H

hardness · ver dureza del agua
 hidrociclones · 177, 178
 hidrodemolición · 334, 335
 hidrófonos · 340
 hidrofractura · 181, 182, 184
 hincado de tubos · ver pipe ramming
 hole cleaning · ver limpieza del orificio
 hole opener · ver ensanchador
 host · ver tubo huésped
 host pipe · ver tubo huésped
 hydrocyclone · ver hidrociclones

I

IGC · 8, 10, 11, 12, 13, 15, 25, 28, 29
 impact moling · 32, 120, 121, 122, 298
 impermeabilidad · 192, 193, 200, 228,
 250, 255, 274, 277, 308, 332
 impregnación · 210, 211, 214
 IMU · 79, 119, 120
 inclinómetros · 73
 Incomodidad de viaje que sufren los
 usuarios · 24
 incomodidad de viaje sufrido por el
 usuario · 12, 25
 índice de Schimazek · 314, 349, 350
 Inertial Measurement Unit · ver IMU
 infiltraciones · 189, 190, 215, 330
 inflado · 200, 201, 215, 218, 219, 222,

223

ingreso de raíces · 334
 inner-film · 201
 insertos de carburo · 48
 insertos de carburos de metales duros ·
 80, 84
 inspecciones preliminares · 307
 instalación · 2, 3, 5, 18, 26, 31, 32, 33,
 40, 45, 46, 53, 80, 117, 120, 121, 122,
 123, 124, 126, 142, 143, 144, 145,
 150, 151, 154, 155, 156, 158, 161,
 164, 187, 191, 199, 207, 218, 224,
 265, 268, 270, 271, 281, 285, 298,
 304, 307
 instalación por empuje · 122, 142
 instalación sin excavación a cielo abierto
 · 31
 instrumentista · 74, 76
 Interferencia con servicio subterráneo
 paralelo · 291
 Interferencia con servicio subterráneo
 perpendicular · 291
 interferencias con los espacios
 residenciales · 26, 27
 interferencias electromagnéticas · 76, 77,
 142
 interferencias pasivas · 76
 inversion · ver inversión
 inversión · 25, 122, 200, 203, 208, 212,
 213, 214, 215, 216, 217, 223
 anillo de · 212
 con agua · 212
 investigaciones
 pre-ejecutiva · 193, 195, 262, 281, 310
 pre-proyectual · 310

J

junta giratoria · 85, 86, 87, 93

K

kerf · ver surco de corte
 Kevlar® · 208, 271

L

laminar flow · ver flujo laminar
 lanzas de chorro · 55
 láser · 79, 132, 135, 138, 200
 leak noise correlation · 340
 lectura azimutal · 79
 lecturas inclinométricas · 77
 led objetivo · 151, 153
 lengüetas colorimétricas · 179, 180
 ley de Poiseuille · 169
 LFL · ver loose-fit lining
 límite de fatiga · 69, 70
 límite de fluencia · 60, 65, 70
 límites de Atterberg · 236, 314
 limpieza de la tubería · 195, 197, 269,
 281
 limpieza del orificio · 174
 liner · 192, 200, 201, 202, 203, 204, 207,
 208, 209, 210, 211, 212, 214, 215,
 216, 217, 218, 219, 220, 222, 223,
 224, 225, 228, 229, 230, 231, 232,
 234, 235, 238, 239, 240, 241, 255,
 261, 262, 263, 265, 266, 267, 268,
 270, 271, 272, 309, 332
 de fibra de vidrio · 208
 de fieltro poliéster · 208
 inserción por inversión · 211
 inserción por tracción · 217
 métodos de inserción del · 211
 módulo elástico del compuesto · 210
 lining machine · 247, 248, 249, 251
 lóbulos del estator · 49
 localizadores · 317, 320, 327, 328
 de detección electromagnética · 327
 de detección sónica o sub-sónica · 328
 de radiofrecuencia · 328
 localizers · ver localizadores
 lodo bentonítico · 162
 log geofísicos · 312
 loose-fit lining · 194, 267, 268, 269
 fuerza de tiro o empuje · 270

M

Magnetic Guidance System · ver MGS
 magnetómetros · 76
 malla · 86, 327
 mangueras armadas · 194, 267, 271, 273

- manguito · ver tool joint
- mapa del subsuelo · 315, 316, 317
- mapas temáticos de los servicios subterráneos · 317, 319
- mapeo del subsuelo · 309, 315
- máquina de perforación · 36, 45, 46, 84
- máquinas hidráulicas tira-astas · 265
- máquinas para el tiro · 293
- Marsh Funnel · ver embudo de Marsh
- martillo de fondo · 51, 52, 53, 55, 65, 68, 161
- martillo rotopercutor · 52
- masa batiente · 51, 52, 159, 296
- MAXI rig · 45
- máxima presión de filtración · 254
- máxima temperatura de exotermicidad · 205, 206
- mayor costo de combustible experimentado por el usuario · 21
- MBR · 66, 68, 71, 72
- Mechanical Folded Pipe · ver MFP
- mediciones extensivas del espesor de pared de la tubería · 341
- MEGA rig · 45
- membrana externa · ver pre-liner
- membrana interna · ver inner-film
- MEMS · 119, 120
- métodos de endurecimiento por radiación · ver UV CIPP
- métodos de endurecimiento térmicos · ver thermal CIPP
- métodos eléctricos · ver geoelectrica
- métodos electromagnéticos · 312
- métodos gravimétricos · 312
- métodos magnéticos · 312
- métodos VLF · 312
- mezcladores · 80
- MFP · 194, 261, 265, 266
- MFV · ver embudo de Marsh
- MGS · 73, 76, 77, 78, 79
- MICRO rig · 45
- Micro-Electro-Mechanical Systems · ver MEMS
- microtunnel · 123, 140, 143
- microtunneling · 5, 11, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 150, 161, 270, 304, 305, 311, 314
- direccionalidad de los sistemas de · 144
- ligero · ver pilot tubing
- trazados curvos · 144
- microtunneling en roca · 147, 148
- micro-zanja · 2
- MIDI rig · 45, 186
- MINI rig · 45
- mini TBM · 128, 137, 138
- mínimum bending radius · ver MBR
- mini-zanja · 2
- mixing unit · ver unidad de mezcla
- modelo reológico · 166, 170
- módulo de elasticidad E del suelo · 186
- módulo de reacción del suelo · 235
- módulo de rigidez del suelo · 235
- módulos de empuje intermedios · 130
- mole · 117, 120, 298
- momento desviador · 58
- momentos flectores desviadores · 67
- monómero · 204, 205, 206, 217, 224, 225
- montmorillonita · 162
- mortero cementicio · 245, 334
- motor de lodos · ver mud motor
- MT · ver microtunneling
- muck cars · ver vagones
- mud engineering · 161
- mud motor · 48, 49, 51, 53, 68, 161
-
- ## N
- nivel de llenado · 112
- nivel freático · 132, 133, 135, 138, 185, 229, 231, 233, 236, 238, 314
- NJF · ver Normalized Jacking Force
- no-dig · 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 15, 27, 28, 31, 32, 120, 122, 151, 161, 189, 191, 193, 194, 195, 199, 202, 243, 245, 255, 262, 268, 274, 277, 279, 287, 296, 307, 308, 309, 311, 318, 329, 336, 341, 343, 344
- No-Dig Technology · ver no-dig
- Normalized Jacking Force · 146, 147
- North Seeking Gyro · ver NSG
- NSG · 119
- núcleos de suelo consolidado · 277, 278
-
- ## O
- OMU · 119

Orientation Measurement Unit · ver OMU
 orificios pasantes · 331
 ovalación · 230, 234, 235, 247, 330, 331, 332
 overcut · 58, 59, 130, 146, 155

P

Panorama · 339
 parte sólida perjudicial · 176
 partially deteriorated host pipe · ver tubo huésped parcialmente deteriorado
 PDC · 51
 PEAD · 9, 40, 86, 112, 122, 256, 267, 281, 302, 303, 330
 percutores · ver ram
 pérdida de circulación · 98, 165, 173, 181
 pérdidas · 189
 pérdidas en las juntas · 330
 perfiles de resistividad · 312
 perforación piloto · 36, 46, 47, 48, 54, 59, 60, 66, 79, 83, 87, 117, 150, 151, 155, 165, 187
 perforación por desplazamiento · 53
 perforadora de tornillo sinfín · 134, ver ABM
 perforadora direccional · 46, 47
 perforadoras de pozo · 47
 personal dentro del orificio · 127, 128
 peso específico real · 314
 peso específico total · 314
 peso sumergido · 88, 89, 90, 98, 112, 115, 116
 pH · 163, 179, 180, 181, 252
 piercing tool · ver mole
 pig · 243, 247, 341
 pileta de acumulación · 163
 pilot bore · 46
 pilot tubing · 122, 150, 151, 152, 154, 155, 161
 pipe bursting · 280, 281, 282, 283, 285, 286, 287, 290, 293, 295, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303
 estático · 283, 293, 294, 296
 pipe bursting con expansores hidráulicos · 300
 pipe bursting dinámico · 281, 293, 296, 298, 299

pipe eating · 280, 304, 305, 306
 pipe jacking · 122
 pipe puller · ver cabeza de tiro
 pipe ramming · 122, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 298
 fuerzas de empuje en el · 158
 pipe reaming · 280, 304, 305
 pipe roller · ver rollers
 pipe splitting · 280, 281, 282, 287, 293, 299, 301, 302, 303, 305
 pipe thruster · 117, 143
 pitch · 47, 74, 75
 plastic viscosity · ver viscosidad plástica
 plastificación · 162, 181, 182, 184, 185
 polietileno de alta densidad · ver PEAD
 polimerización · 199, 200, 205, 206, 207, 210, 215, 217, 219, 220, 223, 224, 225, 309
 polímeros sintéticos · 162
 poliurea · 241
 Polycrystalline Diamond Compact · ver PDC
 porta sonda · 60, 73, 74
 pot-life · 206
 pozo de servicio · 47
 pozo de tiro · 297
 PP · 9, 31, 40, 281
 pre-liner · 201, 208, 212, 217, 218, 219
 Instalación del · 217
 presencia constante de personal dentro del orificio · 127
 presión de estallido · 254
 presión hidrocínética · 97
 presión límite en el orificio · 181, 182, 184
 presión máxima en el orificio · 181, 183
 presiones máximas de estallido · 254
 presiones máximas de filtración · 254
 presiones negativas · 240
 Pressure-While-Drilling Module · 182
 PRFV · 9, 122, 126, 132, 151, 155, 267, 301, 332, 337
 Primus Line[®] · 271, 272, 273
 principio de Arquímedes · 89
 proceso de endurecimiento · 205, 225
 Proctor estándar · 236, 238, 290, 292
 prospección electromagnética
 en el dominio de la frecuencia · 312
 en el dominio del tiempo · 312
 prospecciones geofísicas · 312

pseudoplástica · 170
 pullback · ver tiro
 punta de perforación · 32, 47, 48, 51, 55, 58, 60, 73, 74, 75, 76, 79, 151, 153, 173
 puntas biseladas · ver puntas en cuña
 puntas en cuña · 55
 puntas en pico de pato · ver puntas en cuña
 puntas excéntricas · 55
 punto A · 47, 88, 90, 97, 98, 99
 punto B · 47, 304
 punto de llegada · ver punto A
 punto inicial · ver punto A
 push module · ver módulos de empuje intermedios
 PV · ver viscosidad plástica
 PVC · 9, 31, 40, 256, 257, 261, 262, 267, 279, 281, 301, 303
 PWD · ver Pressure-While-Drilling Module

Q

quart · 172

R

radar
 array masivo · 323, 324
 canales cross-polares · 323
 mono antena · 326
 multiantena · 323, 324, 325
 multipolarización · 323
 multifrecuencia · 323
 tomografía 2D · 325
 radio de curvatura mínimo · ver MBR
 radio transmitter · ver radiotransmisor
 radiotransmisor · 73
 ram · 155, 160, 298
 Rate of Penetration · ver ROP
 rate of reaming · 165
 rayos ultravioleta · 200
 rayos UV · ver rayos ultravioleta
 RDP · 194, 261, 262, 264
 reacciones de rozamiento · 89, 91, 96
 reacciones elásticas del tubo · 88
 reamer · ver ensanchador

receptor · 47, 74, 75, 76, 327, 328
 reciclador · ver unidad de reciclaje
 recuperación funcional · 189, 191, 192, 267, 279
 parcial · 192
 recycling unit · ver unidad de reciclaje, reducciones · 3, 60, 164, 261, 333, 343
 Reduced Diameter Pipe · ver RDP
 rehabilitación · 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 189, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 199, 200, 202, 204, 206, 207, 223, 241, 243, 245, 246, 249, 250, 255, 261, 262, 267, 268, 271, 272, 274, 277, 279, 281, 308, 309, 311, 329, 331, 332, 334, 336
 con tubos adherentes · 194
 con tubos no adherentes · 194, 267
 estructural · 200
 funcional · 191
 funcional parcial · 192
 funcional total · 192, 193
 no-estructural · 200
 rejillas metálicas · 128
 relevamientos de superficie · 316, 317
 relining · 191, 192, 204
 reloj · 75
 remediación ambiental · 1
 reología · 166, 170
 reómetro · 170, 171
 reopexia · 172
 replacement methods · ver técnicas de sustitución
 resiliencia · 65, 271, 298
 resinas · 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 210, 211, 215, 217, 219, 220, 222, 223, 225, 243, 334
 resinas de poliéster · 204
 resinas de viniléster · 206
 resinas epóxicas · 206, 207
 resinas fotopolimerizantes · 200, 210, 211
 resistant to cracks · 31
 resistencia a compresión simple · ver UCS
 resistencia a la abrasión · 64, 272
 resistencia a la filtración · 253
 resistencia a la flexión · 88, 96
 resistencia a la tracción · 64, 65, 208, 255, 271, 286, 298, 299, 314, 347, 349

resistencia al corte no drenada · 84, 117, 158, 313, 314
 resistencia al estallido · 253
 resistencia al impacto · 64, 298
 resistencia anular · 255
 resistencia circunferencial de rozamiento · 146
 resistencia estructural · 192, 193, 229
 resistencia química · 192, 193, 206, 271, 308
 resistencia uniaxial · ver UCS
 reticulación · 199, 200, 205, 206
 rheometer · ver reómetro
 rheopexy · ver reopexia
 rig · 46, 87
 Rock Quality Designation · ver RQD
 rod puller · ver tira astas
 rodillo · ver rollers
 rolldown · 263, 265
 rollers · 91, 93, 112, 113, 115
 ROP · 52, 165, 175, 178
 rotary · 54, 87
 rotary viscosimeter · ver viscosímetro rotativo
 rotor · 49, 54, 171, 172
 rotura · 56, 60, 61, 65, 67, 69, 70, 83, 148, 162, 173, 181, 182, 184, 206, 208, 232, 239, 240, 241, 283, 285, 287, 288, 293, 298, 300, 308, 331, 350
 rozamiento · 57, 58, 87, 88, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 130, 145, 146, 147, 270
 rozamiento dinámico · 89, 112
 rozamiento estático · 89
 rozamiento localizado · 93
 RQD · 314, 349
 rugosidad · 183, 192, 200, 243, 247, 272

S

salida de servicio de la tubería · 195
 sand content · ver contenido de arena
 sand shelves · ver rejillas metálicas , ver rejillas metálicas
 SC · ver Solid Content
 Scotchkote™ Pipe Renewal Liner · 241
 SDR · 112, 230, 231, 234
 sección de mínima resistencia · 69, 72, 73
 sedimentos, incrustaciones y obstrucciones · 334
 seguidores · 118, 119, 120
 seguidores de tipo MEMS · 118
 seguimiento del eje del tubo · 117, 119
 separaciones de seguridad mínimas · 292
 servicios subterráneos · 1
 SG · ver Specific Gravity
 S-Glass · 208
 sharp curve pipe jacking system · 144
 shear rate · ver velocidad de deformación de corte
 shear stress · ver esfuerzo de corte
 silicato de sodio · 275
 sinfín excéntrico · 126, 135, 136
 sinfines · 123, 125, 128, 135, 151
 single shield TBM · ver SS TBM
 sísmica de pozo · 312
 sísmica de reflexión · 312
 sísmica de refracción · 312
 sistema de guía · 46, 47, 48, 60, 73, 75, 79, 117, 135, 138
 sistemas de guía walk-over · 73
 sistemas de perforación rotopercutora · 51
 sistemas de radar para la detección y el mapeo de servicios enterrados · 320
 sistemas de tipo inercial · 73, 79
 sistemas magnéticos de guía · ver MGS
 sliplining · 194, 265, 267
 slump test · ver ensayo del cono de ABRAMS
 slurry · 80, 123, 126, 138, 146
 snakes · 293
 sobrecarga accidental · 233, 234
 sobre ensanche · 82, 83, 87, 93, 95
 soda ash · ver carbonato de sodio
 Soil Stiffness Categories · ver clase de rigidez del suelo
 sol · 162
 soldadura por fricción · 62, 63, 64
 solid content · ver contenido de sólidos
 sonda · 73, 76, 77, 78, 328
 sonde housing · ver porta sonda

sondeos con toma de muestras · 313
 sondeos de radar · 317, 320
 sondeos eléctricos verticales · 312
 sondeos instrumentales en sitio · 317, 320
 sondeos mediante localizadores · 317
 sostenimiento hidráulico del frente · 126, 138
 specific gravity · 163, 175
 spilling · 315
 spinning head · 247
 Spiral Pipe Renewal · ver SPR
 Spiral Wound Lining · ver SWL
 splitter · 296, 301, 302
 SPR · ver SWL
 SPT · 313
 SS TBM · 137
 Standard Penetration Test · ver SPT
 steel casing · ver camisa de acero
 steerability · 48
 steering · ver viraje
 stress analysis · 117
 surco · 147, 149
 sustitución · 1, 3, 5, 7, 8, 9, 11, 190, 195, 255, 268, 279, 280, 285, 287, 288, 290, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 309, 311, 329, 334, 336
 sustitución por corte · ver pipe splitting
 sustitución por escariado · 304, ver pipe reaming y pipe eating
 sustitución por fragmentación · ver pipe bursting
 swage lining · 263
 swaged liners · ver swage lining
 swivel · ver junta giratoria
 SWL · 255, 256, 257

T

tazas · 129, 130
 TBM · 40, 126, 137, 147
 TCI · 51
 técnicas de diagnóstico · 336
 técnicas de sustitución · 279, 281, 287
 tecnología sin zanja · ver no-dig
 tecnologías de instalación por tiro · 31
 tejidos · 209

cuadriaxial · 210
 multiaxiales · 209
 tensión de membrana circunferencial · 283
 teodolito · 132, 135, 138, 153
 terminaciones roscadas · ver tool joint
 thermal CIPP · 200, 210, 225, ver CIPP
 térmico
 método con agua · 220
 método en seco · 223
 thixotropy · ver tixotropía
 tira astas · 281, 293, 295, 299
 tiro · 31, 32, 33, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 54, 59, 60, 64, 68, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 142, 143, 162, 164, 165, 181, 200, 265, 267, 269, 270, 281, 282, 283, 285, 286, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 303, 304
 tiro mínimo · 83, 112, 113, 117
 tixotropía · 115, 165, 172, 174, 253
 toberas · 198, 199, 247
 tomografía
 eléctrica en pozo · 312
 sísmica de pozo · 312
 tool face · 47, 54, 73, 74, 75, 76, 153
 tool joint · 60, 62, 63, 72, 73
 torpedo batiente · ver impact moling
 torta filtrante · 163, 178, 180
 tratamiento in situ de suelos contaminados · 8, 33
 tratamientos pre-tunneling · 8, 33, 40
 tren de lámparas · 225, 226, 227
 trenchless · 1, 2, 3, 4, 5, 11, 32, 124, 161
 Trenchless Technology · ver no-dig
 tricono · 48, 68
 tuberías aéreas a presión · 240
 tubo camisa · 132, 135
 tubo curado en sitio · ver CIPP
 tubo huésped · 192, 196, 199, 200, 201, 204, 208, 211, 212, 215, 217, 218, 219, 223, 224, 225, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 240, 241, 245, 247, 249, 254, 255, 256, 261, 262, 263, 265, 266, 267, 270, 272, 279, 283, 293, 294
 tubo huésped parcialmente deteriorado · 229, 238

tubo huésped totalmente deteriorado · 232, 240
 tubos continuos · 122, 142
 tubos en segmentos · 122, 126, 142, 143
 tubos y revestimientos construidos en obra · 194, 199
 tubos y revestimientos construidos fuera de obra · 194, 261
 tubos y revestimientos en espiral · 194
 tubos y revestimientos polimerizados en sitio · 194, 199
 Tungsten Carbide Inserts · ver TCI
 twisting · 56, 57

U

UCS · 51, 52, 133, 147, 314, 347, 348
 UIGC · ver Costo Unitario Indirecto Generalizado
 unfolded view · 338
 Uniaxial Compressive Strength · ver UCS
 unidad de mezcla · 163
 unidad de reciclaje · 163, 164, 177
 unidades de separación de limo · 177
 unidades hidráulicas tira-astas · 281
 up-hole · 312
 útiles de perforación direccionales · 48
 UTM · 341
 UV CIPP · 200, 211, 223, 224, 225, 226, 228

V

vagones · 123, 125, 126, 137
 valor monetario medio acumulado en la unidad de tiempo · 13
 velocidad de deformación de corte · 166, 167, 170
 ventilación · 130, 132, 249
 verificación de presiones en el orificio · 181
 video inspección · 193, 195, 196, 230, 247, 262, 269, 275, 281, 282, 328, 331, 336, 337, 338
 pre-ejecutiva · 196
 video inspección digital · 339
 viraje · 54, 55, 56, 57, 68, 76

viscosidad aparente · 163, 166, 170, 171, 172
 viscosidad dinámica · 166, 167
 viscosidad plástica · 163, 166, 170, 171, 172, 183
 viscosímetro rotativo · 170, 172

W

walk-over · 73, 74, 75, 76, 77, 79
 waterglass · ver silicato de sodio
 wet boring · 161, 162, 175, 186
 winding machine · 255, 256
 dinámica · 260
 estacionaria · 258, 259

Y

yield point · 163, 166, 170, 171, 172, 183
 YP · ver yield point