



Asociación
Técnica de
Puertos y
Costas

Report nº 144 – Classification of Soils and Rocks for the Maritime Dredging Process

III JORNADA DE PRESENTACIÓN DE GRUPOS DE TRABAJO PIANC

Presentada por:

Miguel La Casta

miguel.lacasta@intecsa-inarsa.es

Madrid, 8 de febrero de 2017



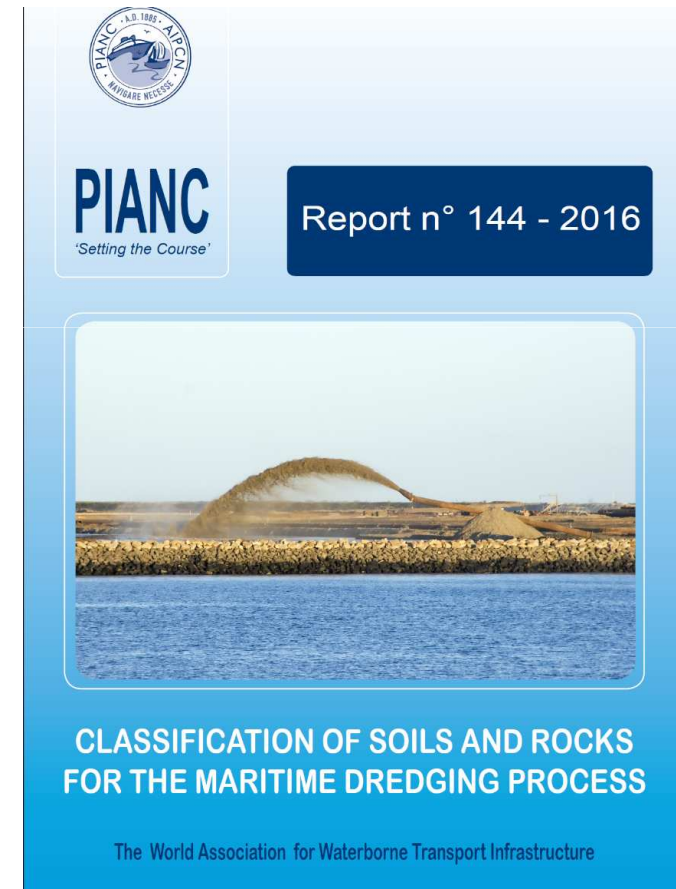
Composición del WG 144

Lucien Halleux (Chairman)	G-tec SA (Belgium) & KU Leuven
Luc van Damme (Mentor)	Ministry of the Flemish Community, Coastal Division (Belgium)
Miguel La Casta Muñoa	Intecsa-Inarsa (Spain)
Peter N.W Verhoef	Boskalis (The Netherlands)
Anne Heeling	Federal Waterways Engineering and Research Institute (Germany)
Mark Lee	Dredging Research – Wallingford (UK)
Gregory A. Sraders	Great Lake Dredge and Dock Company (USA)
Marc Van Den Broeck	Dredging International NV – DEME Group (Belgium)
Dirk Roukema	Blue Pelican Associates B.V. (The Netherlands)
Majid Yavary	Baird and Associates (Canada)



Contenido

- Términos de Referencia PIANC
- Introducción
- Definiciones
- Investigación de campo
- Clasificación y descripción de suelos
- Clasificación y descripción de rocas y masas rocosas
- Clasificación de materiales intermedios
- Procesos de dragado asociados a las propiedades de suelos y rocas
- Guía de aplicación de la clasificación



Términos de Referencia WG144

- El principal objetivo era establecer las propiedades de suelos y rocas relevantes para:
 - Las operaciones de dragado.
 - Las operaciones de transporte.
 - Las operaciones de depósito o reutilización.
- La interacción de suelos y rocas con los equipos utilizados en las operaciones de dragado.
- Los aspectos medioambientales estaban fuera del alcance de este trabajo.

Antecedentes (1)

- La anterior clasificación PIANC fue publicada hace más de 30 años. Muchas cosas han cambiado desde entonces:
 - El tamaño y potencia de los equipos de dragado.
 - El tamaño y la complejidad de los proyectos de dragado.
 - Las operaciones de depósito o reutilización.
- Algo que no ha cambiado: el importante papel que juegan las condiciones de suelos y rocas en el resultado de los proyectos de dragado.
- Una adecuada descripción de las condiciones de los suelos y las rocas es todavía más importante que hace 30 años.

Antecedentes (2)

- Además de la descripción/clasificación, el informe da un breve repaso a:
 - Metodologías y técnicas de investigaciones de campo.
 - El dragado y procesos asociados en relación a las propiedades de suelos y rocas.
- En el Informe también se da una guía de aplicación de la clasificación.

Definiciones (1)

- Los suelos son uniones no cementadas de granos minerales, partículas de rocas y materia orgánica.
- Los suelos pueden ser cohesivos o no cohesivos.

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DE SUELO



Definiciones (2)

- Las rocas son uniones de minerales cementados o de granos minerales. Las rocas tienen resistencia a la tracción.



Definiciones (3)

- Materiales intermedios: ¿suelos duros o rocas blandas?
- Otros materiales: bloques de hormigón, escombros, pecios....
- Sedimentos contaminados no son objeto de este informe.

Investigación de campo (IC) (1)

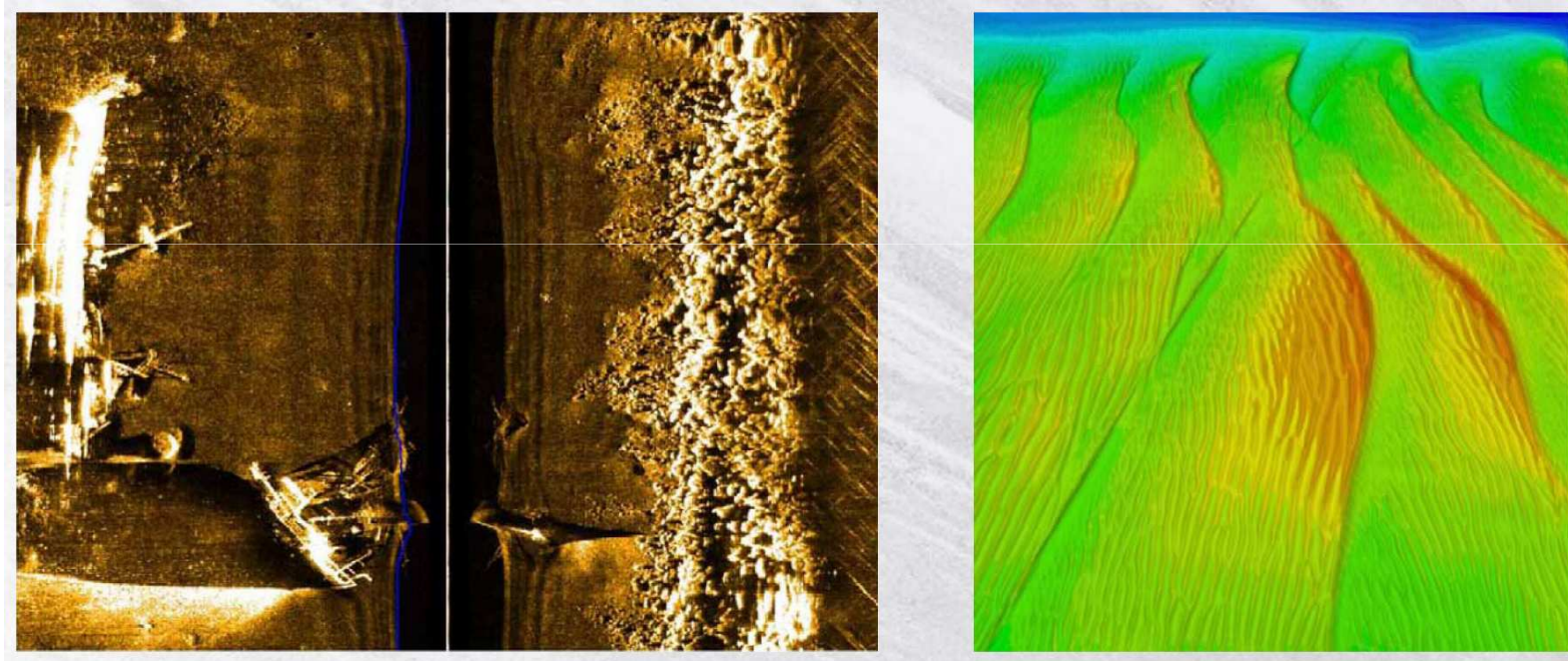
- IC provee los datos de entrada requeridos para la clasificación de suelos y rocas.
- Las condiciones naturales del terreno tienen un gran impacto en los costes y plazos de los proyectos: una adecuada IC es un aspecto esencial de todos los proyectos.
- Existe abundante literatura sobre IC (ejemplo PIANC WG 23, 2000). A pesar de ello una breve revisión de las metodologías y técnicas se consideró útil en el presente informe.

Investigación de campo (IC) (2)

- IC es un proceso secuencial que incluye:
 - Estudios preliminares (gabinete, planificación, diseño...)
 - Trabajo de campo (levantamientos hidrográficos geofísicos, sondeos, ensayos in situ...)
 - Ensayos de laboratorio.
 - Integración de datos, interpretación, informes.
- IC es una materia compleja que requiere equipos multidisciplinares, experiencia y profesionalidad.
- Las consecuencias de una inadecuada IC pueden ser muy graves.

Investigación de campo (IC) (3)

Levantamientos hidrográficos: investigación del fondo marino

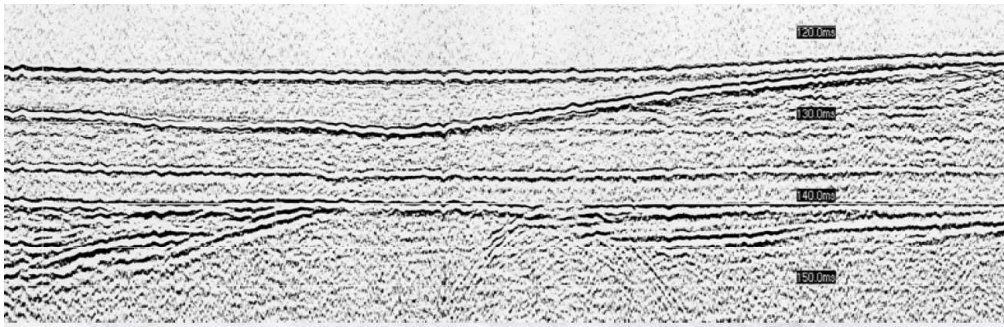


Sonar de barrido lateral

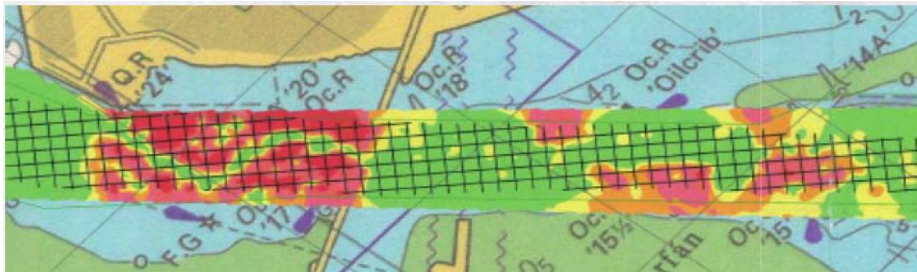
Batimetría multihaz

Investigación de campo (IC) (4)

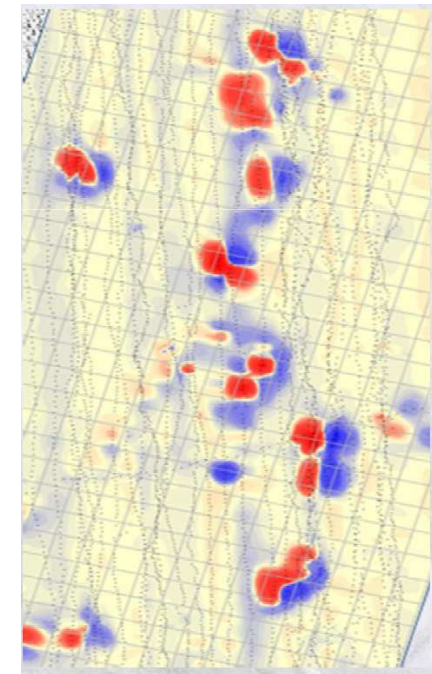
Estudios geofísicos: investigación profunda



Sísmica de reflexión (estructura en profundidad)



Sísmica de refracción (dragabilidad)



Magnetometría (UXO)

Investigación de campo (IC) (5)

Sondeos y ensayos geotécnicos in situ



Investigación de campo (IC) (6)

- Los datos de campo y de laboratorio deben documentarse en informes factuales.
- La calidad de los datos debe evaluarse.
- La integración e interpretación de todos los datos disponibles deben conformar un modelo de terreno realista y útil.

Descripción y clasificación de suelos

Bases generales (1)

- Después de largas discusiones y la consideración de estándares nacionales/internacionales, el WG llegó a las siguientes conclusiones:
 - Los suelos deben clasificarse de acuerdo con EN, ISO, BSI, ASTM, DIN u otros estándares nacionales.
 - Además de la clasificación, descripciones cualitativas y cuantitativas deben darse para facilitar información clara e inequívoca de las condiciones del terreno.
- De esta forma, las regulaciones nacionales son respetadas facilitando información adecuada.

Descripción y clasificación de suelos

Bases generales (2)

Se distinguen dos grupos principales de suelos:

- Suelos minerales:
 - Suelos no cohesivos (no plásticos): clasificados básicamente por su granulometría dominante.
 - Suelos cohesivos: Clasificación basada en su plasticidad con descripción adicional por su granulometría dominante.
 - Los limos pueden ser cohesivos o no, existiendo posibles ambigüedades.
- Las turbas y los suelos orgánicos se clasifican de acuerdo con su génesis y grado de descomposición.

Descripción y clasificación de suelos

Parámetros requeridos

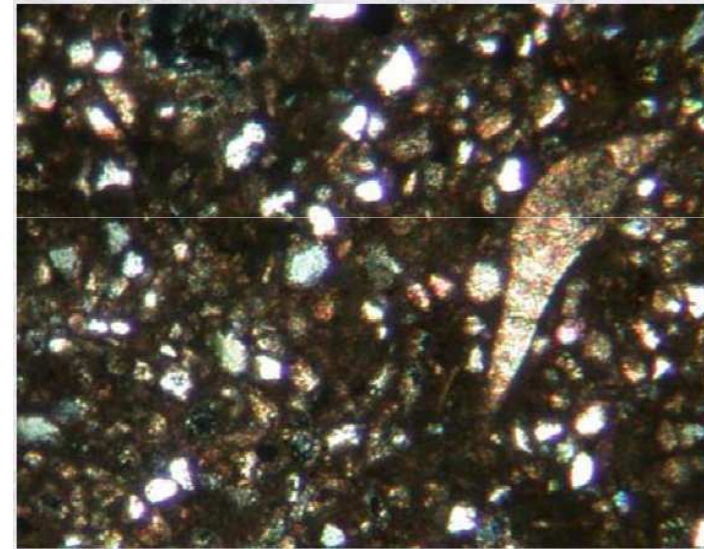
- Distribución granulométrica, incluyendo la fracción secundaria.
- Datos de plasticidad.
- Consistencia.
- Contenido de materia orgánica.
- En caso de ser de aplicación, grado de descomposición.



Descripción y clasificación de suelos

Parámetros adicionales

- Forma de las partículas.
- Compacidad.
- Contenido de carbonatos.
- Mineralogía.
- Color y olor.
- Contenido de conchas.
- Densidad aparente y humedad natural.
- Resistencia y quebrantabilidad.
- Comportamiento reológico.



Descripción y clasificación de suelos

SOIL GROUP	MAIN SOIL TYPE	Main Particle Fraction in Terms of Mass	Particle Fractions		Quantifying Terms for Secondary Materials/ Decomposition	Density/ Consistency, Condition/ Strength/Plasticity	Particle Shape/ Organic Content	Colour	Calcium Carbonate Content	Thickness/ Spacing/ Of Bedding Features	Other	
			Particle Size in mm ⁽¹⁾	Field Identification								
MINERAL SOILS	COHESIONLESS SOILS (COARSE-GRAINED) (soils that do not stick together and remould when wet)	ROCK MASS	rock mass	rock mass	2000	see Chapter 4						
		BLOCKS	block	block	600							
		BOULDERS	boulder	boulder	200							
		COBBLES	cobble	cobble	60							
	GRAVEL	gravel	gravel	coarse	20	hazelnut to hen's egg	visual examination using indicative sizes	cobble and boulders: low: < 5% medium: 5 - 20% high: > 20% see Section 3.3.1 for indirect estimation of the boulder and cobble content	relative density sand, (gravel): CPT q _v -value very loose: 0 - 2.5MPa loose: 2.5 - 5MPa medium dense: 5 - 10MPa dense: 10 - 20MPa very dense: > 20MPa	particle shape (for reference photos see Fig. 3.1) angularity: very angular angular subangular subrounded rounded well rounded form: cubic/equidimensional flat elongated surface texture: rough smooth	to be tested as rock (see Chapter 4)	
				medium	6.00	pea to hazelnut						
				fine	2.00	match head to pea						
	SAND	sand ⁽²⁾	sand ⁽²⁾	coarse	0.600	semolina to match head	all particles visible to the naked eye	sand or gravel: slightly: 5 - 15% sandy or gravelly: 15 - 30% very: 30 - 40% SAND and GRAVEL: > 40%	sand or gravel: borehole with SPT N-value 0 - 4 4 - 10 medium dense: 10 - 30 dense: 30 - 50 very dense: > 50	main colour: pink red yellow orange brown green blue white grey black	thickness very thick: > 2000mm thick: 600 - 2000mm medium: 200 - 600mm thin: 60 - 200mm very thin: 20 - 60mm thickly laminated: 6 - 20mm thinly laminated: < 6mm	
				medium	0.200	semolina						
				fine	0.060	visible, finer than semolina						
SILT	silt ⁽²⁾ or sand	silt ⁽²⁾	coarse	0.020	Grams of coarse silt may only just be visible to the naked eye.	other field and laboratory tests see Section 3.3.2	slightly: 5 - 20% sandy or gravelly: 20 - 40% very: 40 - 65%	consistency condition very soft: finger pushes to 25mm; exudes between fingers when squeezed in the hand soft: finger pushes to 10mm; can be moulded by light finger pressure firm: indented easily by thumb; cannot be moulded by fingers, rolls to 3mm thick thread without breaking or crumbling stiff: slightly indented by thumb; crumbles and breaks when rolled to 3mm thick threads but remoulds again to a lump very stiff: indented by thumbnail; crumbles, does not remould hard: can be scratched by thumbnail	organic content none: < 2% low: 2 - 6% medium: 6 - 20% high: 20 - 30%	modifying term pinkish reddish yellowish orangish brownish greenish bluish greyish	spacing very wide: > 2000mm wide: 600 - 2000mm medium: 200 - 600mm close: 60 - 200mm very close: 20 - 60mm extremely close: < 20mm	
			medium	0.0060	Material may have some plasticity but silt can be easily dusted off finger after drying and is easily powdered by finger pressure. Moist silt washes easily off hands.							
			fine	0.0020	Moist sample sticks to fingers, has a smooth, greasy touch and requires effort to wash off.							
CLAY	clay, silt ⁽²⁾ , or sand	clay	Most sample sticks to fingers, has a smooth, greasy touch and requires effort to wash off.		Dry lumps do not powder but shrink and crack during drying and possess moderate to high dry strength.	in case of a combination of silt-like and clay-like behaviour (see Section 3.3.2): clayey silt or silty clay	plasticity low: a sample having cohesion but cannot be rolled to threads of about 3mm in diameter high: a sample can be rolled to thin threads	organic content > 30%	lightness light dark	natural moisture content		
			Grains of coarse silt may only just be visible to the naked eye. Material may have some plasticity but silt can be easily dusted off finger after drying and is easily powdered by finger pressure. Moist silt washes easily off hands.									
PEAT AND OTHER ORGANIC SOILS	PEAT	FIBROUS PEAT			no decomposition: remains clearly recognizable; squeezing in hand produces only water; no solids	degree of humification: see Table 3.3	laboratory testing: low: w _c < 35% intermediate: w _c = 35 - 50% high: w _c > 50% w _c : liquid limit	plastic limits, adherence potential see Section 3.4.7				
		PSEUDO-FIBROUS PEAT										moderate decomposition: remains recognizable; squeezing produces turbid water with >50% solids
		AMORPHOUS PEAT										
	OTHER ORGANIC SOILS	GYTTJA	vanes		full decomposition: remains not recognizable; squeezing produces a paste with >50% solids							
		HUMUS ⁽³⁾			decomposed plant and animal remains (detritus); may contain inorganic particles							

Descripción y clasificación de suelos

Cuestiones especiales: Bolos

- Los bolos son un gran riesgo para los proyectos de dragados.
- Los bolos están típicamente asociados a procesos glaciales.
- La detección directa y caracterización de cantos rodados, bolos y bloques es difícil.



Descripción y clasificación de suelos

Cuestiones especiales: Limo y arcilla

- Presencia de partículas finas: gran influencia en el comportamiento del suelo.
- La distinción de limos no cohesivos/ limos cohesivos/ arcilla es importante:
 - Ensayos de laboratorio: plasticidad
 - Ensayos in situ: consistencia y otros ensayos manuales



Descripción y clasificación de suelos Turbas y suelos orgánicos

- Contenido orgánico > 30% (peso seco).
- Los suelos orgánicos son el origen de muchos problemas de la Ingeniería Marítima:
 - Alto contenido de agua y compresibilidad.
 - Baja densidad y resistencia.
 - Posible existencia de gas.

Regulaciones relativas a su disposición.

- Descripciones más detalladas y clasificaciones no suelen ser necesarias (no reutilización).

Descripción y clasificación de suelos

Ensayos de laboratorio e in situ

- Listado de ensayos de laboratorio e in situ se presentan en la siguiente transparencia.
- En el informe se presenta información sobre:
 - Referencia de estándares.
 - Breve exposición de diversas características.
 - Tablas con valores usuales de propiedades de los suelos.
 - Diferencias entre los estándares.
 - Nombres habituales en diferentes idiomas.

Descripción y clasificación de suelos

Ensayos de laboratorio e in situ

SOIL PROPERTIES OR CHARACTERISTICS	MAIN SOIL TYPE						
	ROCK MASS	BLOCKS ⁽¹⁾ BOULDERS COBBLES	GRAVEL	SAND	SILT	CLAY	PEAT and ORGANIC SOILS
Particle Size Distribution (see Section 5.4.1)		visual in field	lab test	lab test	lab test	lab test	lab test on some organic soils; N/A for peat
Particle Shape (see Section 5.4.2)		visual inspection	lab test	lab test	N/A	N/A	N/A
In-situ or Bulk Density (see Section 5.4.3)		lab test on cores or irregular lumps	N/A	sand cone, nuclear density gauge; lab test on undisturbed samples ⁽²⁾	lab test on undisturbed samples	lab test on undisturbed samples	lab test on undisturbed samples
Particle Specific Gravity (see Section 5.4.4)		lab test on fragments	lab test	lab test	lab test	lab test	lab test
Compactness (see Section 5.4.5)	see Chapter 6	N/A	in-situ test	in-situ test	in-situ test	in-situ test	in-situ test
Natural Moisture Content (see Section 5.4.6)		N/A	N/A	lab test ⁽³⁾	lab test ⁽⁴⁾	lab test ⁽⁴⁾	lab test
Plasticity (see Section 5.4.7)		N/A	N/A	N/A	lab test	lab test	lab test
Strength ⁽⁵⁾ (see Section 5.4.8)		Lab test on core or lumps	N/A	N/A	lab test	in-situ and / or lab test ⁽⁶⁾	in-situ and / or lab test
Carbonate Content ⁽⁷⁾ (see Section 5.4.9)		N/A	lab test ⁽⁸⁾	lab test	lab test	lab test	lab test
Organic Content ⁽⁹⁾ (see Section 5.4.10)		N/A	N/A	lab test	lab test	lab test	lab test
Mineralogy (see Section 5.4.11)		visual inspection lab test	visual inspection lab test	visual inspection lab test	lab test	lab test	N/A
Crushability (see Section 5.4.12)		lab test	lab test	lab test	lab test	N/A	N/A
Rheology (see Section 5.4.13)	N/A	N/A	N/A	N/A	lab test	lab test	lab test



• Ensayos de laboratorio e in situ:

- Azul : importantes
- Amarillo: secundarios

Clasificación de rocas y masas rocosas: Bases generales

- La dragabilidad de las rocas está influenciada por:
 - Las propiedades naturales de la roca original.
 - El comportamiento de la masa rocosa que está fuertemente influenciada por la presencia de discontinuidades.
- En el informe se utiliza la ISO 14689-1:2003 para clasificar las rocas. Las rocas se describen por su color, tamaño de grano, textura, estructura, meteorización, nombre, resistencia y otras propiedades en el caso de ser necesarias.

Clasificación de rocas y masas rocosas: Rocas sedimentarias

Grain size			Bedded Rocks (mostly sedimentary)											
mm	Grain size description	Siliceous		Calcareous		Volcanic	Salts	Organic						
		At least 50% of grains are of silicate (Si,Al,...) minerals		At least 50% of grains are of carbonate (CaCO ₃)		At least 50% of grains are volcanic fragments								
Grain size boundaries approximate	60	Rudaceous	CONGLOMERATE <i>Rounded boulders, cobbles and gravel cemented in a finer matrix</i>		LIMESTONE and DOLOMITE (undifferentiated)	CALCIRUDITE <i>(calcareous Conglomerate or Breccia) Coarse pebbles, fossils, rock fragments in a finer matrix</i>		AGGLOMERATE <i>rounded volcanic ejecta in a finer matrix</i>	HALITE rock salt NaCl	COAL				
			BRECCIA <i>Angular rock fragments in a finer matrix</i>			if > 10% siliceous minerals present: siliceous Calcirudite					VOLCANIC BRECCIA <i>angular volcanic ejecta in fine matrix</i>			
	2	Arenaceous	coarse	SANDSTONE <i>Angular or rounded grains commonly cemented by clay, calcite, silica or iron minerals.</i>		CALCARENITE <i>if > 10% siliceous minerals present: siliceous Calcarenite</i>		TUFF <i>cemented volcanic ash</i>				ANHYDRITE CaSO ₄	LIGNITE	
				QUARTZITE (Quartz grains in siliceous cement; ARKOSE (contains many feldspar grains); GRAYWACKE (many rock fragments in fine matrix)		<i>(if > 50% siliceous minerals present: calcareous SANDSTONE)</i>					<i>bioclastic Calcarenite: grains mainly fossils and shells</i>			
				Calc. mudstone		<i>oolitic Calcarenite: grains mainly oolites: small concentric spheres of calcite</i>								
	0.6	medium	MUDSTONE			CALCISILTITE		Fine-grained TUFF			GYPSUM CaSO ₄ .2H ₂ O			
0.2	fine		SILTSTONE		CHALK									
0.06		Argillaceous	CLAYSTONE if fissile: SHALE				CALCILUTITE		Very fine-grained TUFF					
0.002	Amorphous or crypto-crystalline		amorphous SILICA: FLINT (<i>occurs as bands or nodules in Chalk</i>)		OBSIDIAN (volcanic glass)									
		CHERT (<i>occurs as bands or nodules in limestone and calcareous sandstone</i>)												

Clasificación de rocas y masas rocosas: Rocas ígneas y metamórficas

Grain size		Igneous Rocks				Metamorphic Rocks		
mm	description	generally massive structure and crystalline texture				crystalline		
						Foliated	Massive	
Grain size boundaries approximate	very coarse	PEGMATITE <i>veins or dykes of coarse crystalline rock</i>			Pyroxenite Peridotite	TECTONIC BRECCIA		
	60	GRANITE	DIORITE	GABBRO		MIGMATITE <i>gneiss mixed with granite</i>		
	coarse					<i>Massive rock bodies occupying large volumes (batholiths, laccoliths)</i>		GNEISS <i>well developed coarse foliation</i>
	2	MICROGRANITE MICRODIORITE DOLERITE <i>occurs commonly as dykes or intrusive sills</i>					SCHIST <i>well developed narrow spaced foliation</i>	QUARTZITE HORNFELS
	medium	<i>All igneous rocks may have a texture of large crystals embedded in a finer grained matrix. Such rocks are described as "porphyries"</i>						
0.06	RHYOLITE	ANDESITE	BASALT		PHYLLITE SLATE <i>well developed very narrow foliation</i>	MYLONITE		
0.002							<i>occurs commonly as lavafloes or as dykes near surface</i>	
Amorphous or crypto-crystalline		OBSIDIAN (volcanic glass)						
		Light colour ← → Dark colour						
		Acid	Intermediate	Basic	Ultrabasic			
		much quartz		little or no quartz				

Range of grain sizes possible for massive metamorphic rocks

Clasificación de rocas y masas rocosas: Rocas cálcicas

MATERIAL TYPE	GRAINS NOT NOT DISCERNIBLE		BIOLASTIC (Organic)	OOOLITE (Inorganic)	SHELL (Organic)	CORAL (Organic)	ALGAL (Organic)	PISOLITES (Inorganic)	TOTAL CARBONATE CONTENT %
	-----INCREASING GRAIN SIZE OF PARTICULATE DEPOSITS----->								
	0.002mm		0.060mm		2mm		60mm		
SOILS	CARBONATE MUD	CARBONATE SILT	CARBONATE SAND		CARBONATE GRAVEL				90%
	clayey CARBONATE MUD	Siliceous CARBONATE SILT	Siliceous CARBONATE SAND		Mixed carbonate and non-carbonate GRAVEL				50%
	Calcareous CLAY	Calcareous SILT	Calcareous silica SAND						10%
Silicate minerals	CLAY	SILT	silica SAND		GRAVEL				
CALCRETE FACIES	CAPROCK (Carbonate Duricrust)		CALCRETED CALCARENITE		CALCRETED CALCIRUDITE				90%
	Siliceous CAPROCK		Siliceous CALCRETED CALCARENITE		Siliceous CALCRETED CALCIRUDITE				50%
	Calcreted CLAYSTONE	Calcreted SILTSTONE	Calcreted SANDSTONE		Calcreted CONGLOMERATE (BRECCIA)				10%
Silicate rocks	CLAYSTONE	SILTSTONE	SANDSTONE		CONGLOMERATE or BRECCIA				
ROCKS with depositional texture and fabric	CALCILUTITE	CALCISILTITE	CALCARENITE		CALCIRUDITE				90%
	Clayey CALCILUTITE	Siliceous CALCISILTITE	Siliceous CALCARENITE		Conglomeratic (Breccia) CALCIRUDITE				50%
	Calcareous CLAYSTONE	Calcareous SILTSTONE	Calcareous SANDSTONE		Calcareous CONGLOMERATE (BRECCIA)				10%
Silicate rocks	CLAYSTONE	SILTSTONE	SANDSTONE		CONGLOMERATE or BRECCIA				
ROCKS without discernible texture and fabric	Fine-grained LIMESTONE		Detrital LIMESTONE		CONGLOMERATE LIMESTONE				90%
	Fine-grained Argillaceous LIMESTONE	Fine-grained Siliceous LIMESTONE	Siliceous detrital LIMESTONE		Conglomeratic LIMESTONE				50%
	Calcareous CLAYSTONE	Calcareous SILTSTONE	Calcareous SANDSTONE		Calcareous CONGLOMERATE (BRECCIA)				10%
Silicate rocks	CLAYSTONE	SILTSTONE	SANDSTONE		CONGLOMERATE or BRECCIA				

(1) Non-carbonate constituents are likely to be siliceous (quartz), but can be any other mineral, like feldspar, mica, clay minerals, mixed heavy minerals. (2) In description the rough proportions of carbonate and non-carbonate constituents should be quoted and details of both the particle minerals and matrix minerals should be included. (3) The preferred lithological nomenclature has been shown in block capitals; alternatives have been given in brackets and these may be substituted in description if the need arises. (4) Calcareous is suggested as a general term to indicate the presence of unidentified carbonate. Where applicable, when mineral identification is possible calcareous referring to calcite or alternative adjectives such as dolomitic, aragonitic, sideritic, should be used. (5) If calcretisation is present it is suggested to use the terms caprock and calcrete.

Clasificación de rocas y masas rocosas: Resistencia

- La última ISO 14689 no da suficiente detalles de UCS en el rango 0-50 Mpa.
- Se recomienda la clasificación de resistencias BS

TERM	STRENGTH RANGE AND FIELD IDENTIFICATION
very weak	UCS < 1.25 MPa; indented by thumbnail; gravel sized lumps can be crushed between finger and thumb.
weak	UCS 1.25-5 MPa; material crumbles under firm blows of geological hammer, can be shaped with knife; gravel sized lumps can be broken in half by heavy hand pressure
moderately weak	UCS 5-12.5 MPa; only thin slabs, corners or edges can be broken by heavy hand pressure
moderately strong	UCS 12.5-50 MPa; hand held specimens can be broken by hammer blows
strong	UCS 50-100 MPa; when resting on a solid surface specimens can be broken by hammer blows
very strong	UCS 100-200 MPa; rock only chips by heavy hammer blows (dull ringing sound)
extremely strong	UCS > 200 MPa; rocks ring on hammer blows; sparks fly; only broken by sledge hammer

Clasificación de rocas y masas rocosas: Otros parámetros

- La descripción de rocas debe incluir otros parámetros:
 - Color
 - Textura
 - Tamaño de grano
 - Minerales principales
 - Nombre
 - Ductilidad basada en UCS/BTS
 - Abrasividad
 - Estado de meteorización

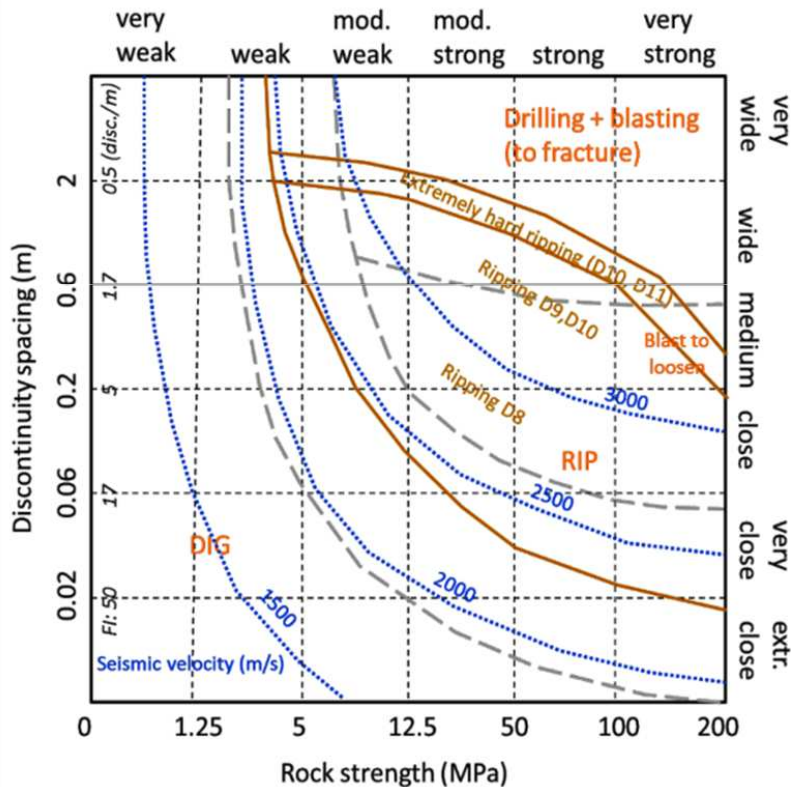


Clasificación de rocas y masas rocosas:

Descripción masas rocosas

- Discontinuidades (fracturas o juntas):
 - Se recomienda la terminología BS para espaciamiento
 - En la práctica el espaciamiento se basa en TCR, SCR y RQD medidos en buenos testigos.
- Meteorización: se recomienda la terminología del ISRM 2007.
- Velocidad sísmica medida por sísmica de refracción:
 - Influenciada por fracturación y meteorización.
 - Indicador muy útil de dragabilidad
- Una clasificación más elaborada requiere más información de la que habitualmente está disponible.

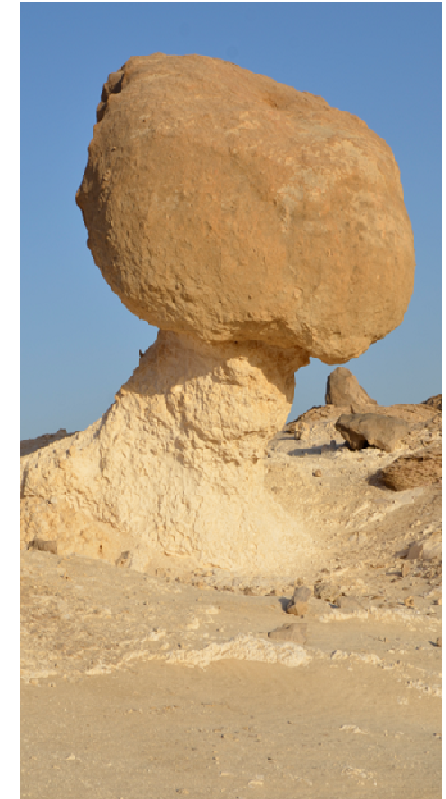
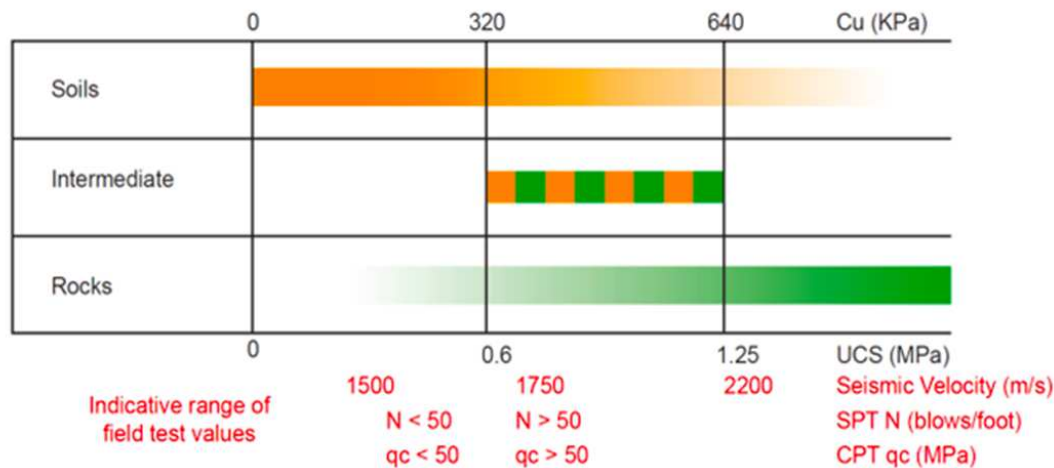
Clasificación de rocas y masas rocosas: Ensayos en laboratorio e in situ



- Se da una guía de la excavabilidad y tabla resumen de los ensayos de laboratorio e in situ con procedimientos.

Materiales intermedios: Antecedentes

- Muchos proyectos de dragado se llevan a cabo en suelos intermedios: suelo duro/ roca blanda.
- Los materiales intermedios son el origen de muchos problemas contractuales: Importancia de una correcta caracterización y descripción.



Materiales intermedios: Origen y tipos

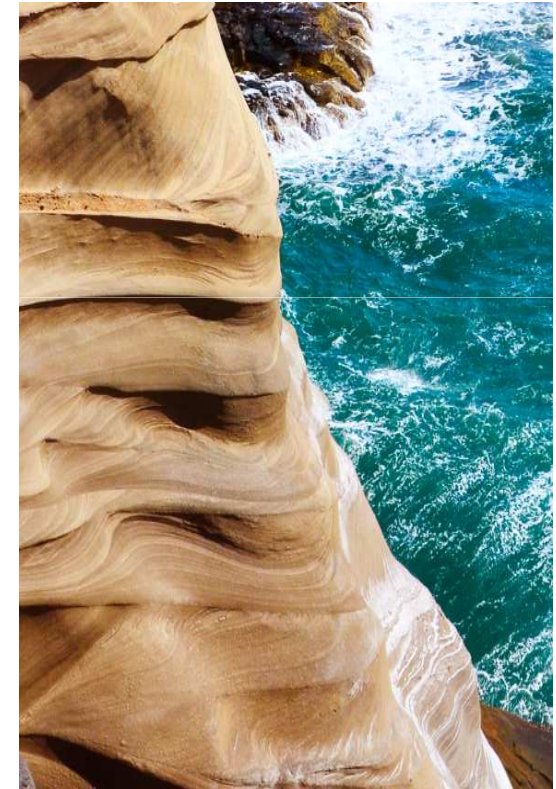


- **Roca desintegrada**



- **Morrenas de glaciares, arcillas con bolos y otros sedimentos sobreconsolidados**

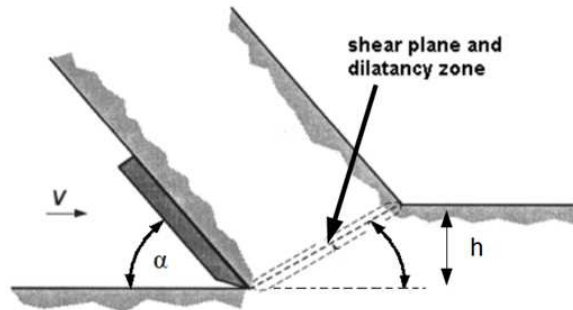
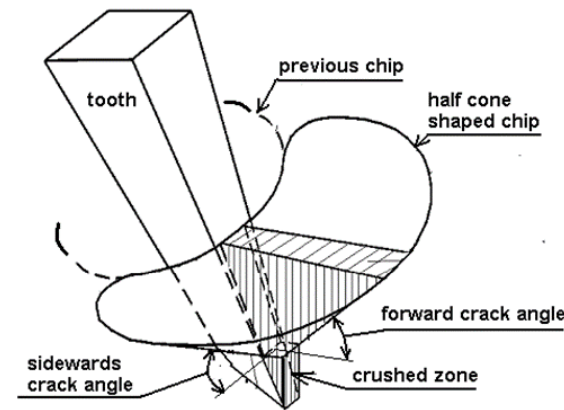
- **Sedimentos parcialmente cementados**



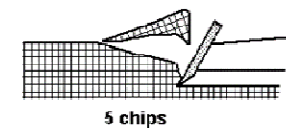
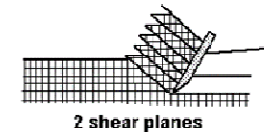
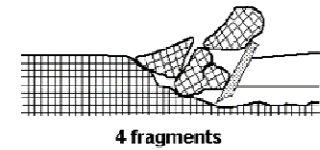
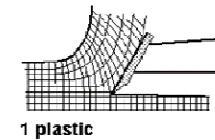
Relación de los procesos de dragado con las propiedades de suelos y rocas

- Un buen conocimiento de la influencia de las propiedades de suelos y rocas en el dragado y procesos asociados implica un buen conocimiento de los procesos en si mismos.
- En el informe se analizan los siguientes procesos: excavación, transporte hidráulico, carga y descarga.
- Se describen unos cuantos temas de interés de la industria del dragado:
 - Disposición y reutilización de materiales.
 - Influencia de los finos en el material dragado.

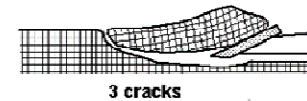
Relación de los procesos de dragado con las propiedades de suelos y rocas: Corte



- Roca



- Arena



- Arcilla

Relación de los procesos de dragado con los de suelos y rocas: Transporte hidráulico



Relación de los procesos de dragado con los de suelos y rocas: uso beneficioso



Guía de aplicación de la clasificación

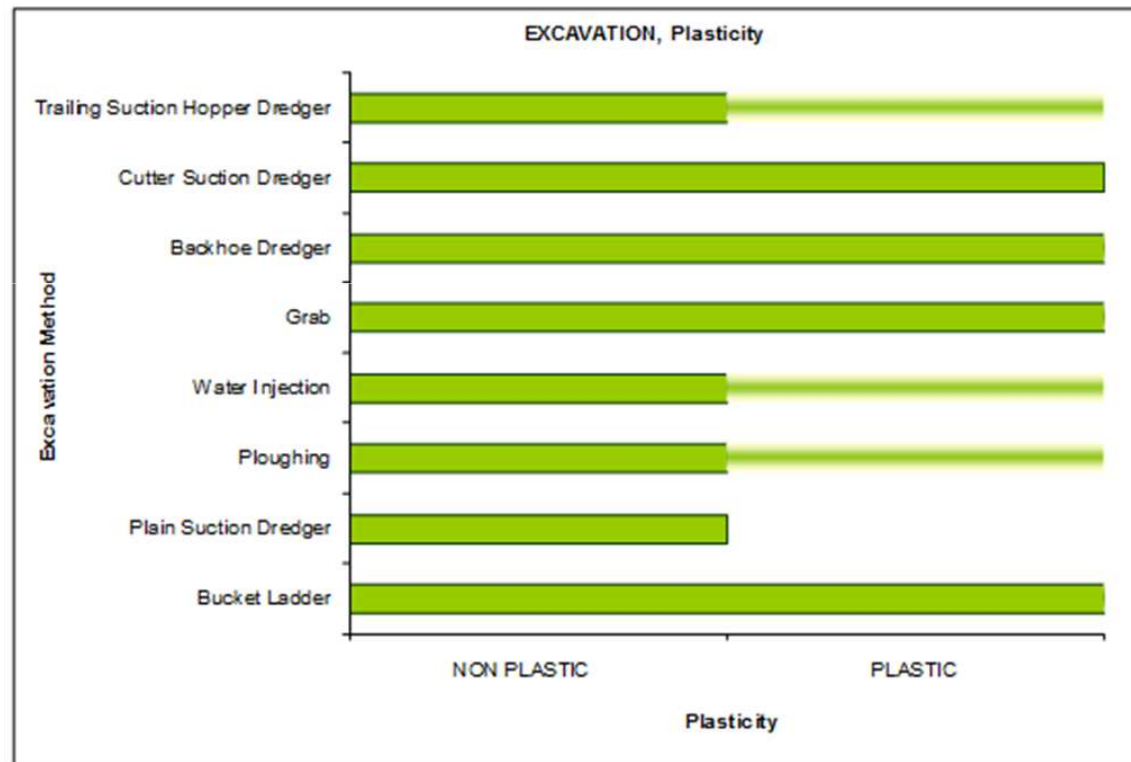
- Las propiedades de los suelos y las rocas tienen un impacto directo en la selección de los métodos y equipos de dragado, en la planificación y en las estimaciones económicas.
- En el informe se dan tablas donde en función de las propiedades del suelo/roca se dan guías de utilización de equipos para excavación, transporte y uso de los materiales.
- Las tablas son indicativas y no sustituyen al análisis profesional.
- Un resumen de dichas tablas se presentan en las siguientes transparencias.

Guía de aplicación de la clasificación: Excavación (1)

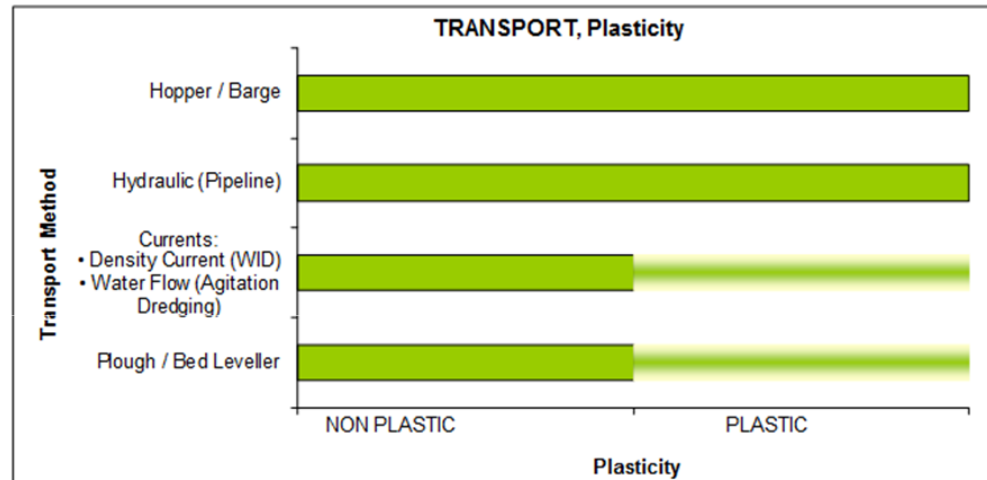
Excavation Method	Strength° (MPa) UCS* & c _u **		Comments
	General Practice	Less Frequently Used	
Trailing Suction Hopper Dredger	0 to 5 UCS	0 to 30 UCS	Values entered into the 'General Practice' column tend to apply to the cutting of 'massive rock' whilst those identified as 'Less Frequently Used' tend to apply to rock which is fractured or layered, with layer or block sizes smaller than the effective size of the cutting tool.
Cutter Suction Dredger	0 to 50 UCS	0 to 150 UCS	
Backhoe Dredger	0 to 10 UCS	0 to 30 UCS	
Grab	0 to 0.3 c _u & 0 to 1 UCS		
Water Injection	0 to 0.005 c _u	0.005 to 0.015 c _u	
Ploughing	0 to 0.02 c _u		
Plain Suction Dredger	0 to 0.02 c _u		
Bucket Ladder	0 to 10 UCS		
Drilling & Blasting	>50 UCS		

Excavation Method	Main Particle Size in Terms of		Comments
	General Practice	Less Frequently Used	
Trailing Suction Hopper Dredger	Silt to Gravel	Clay & Cobbles	Maximum particle size that can be dredged will be influenced by suction pipe diameter and the apertures through the draghead and pump unless the dredging process breaks the particle down.
Cutter Suction Dredger	Clay to Sand & Blocks	Gravel & Cobbles	Caution - clay balls are problematic for pumping. Mixtures of particle sizes containing cobbles can be difficult to dredge.
Backhoe Dredger	Clay to Blocks		Ability to excavate large particle sizes can be limited by the size of the bucket and the lifting power of the machine.
Grab	Clay to Blocks	Blocks	Dependant on block size.
Water Injection	Silt	Clay & Sand	Only effective for clays close to their liquid limit and very fine or fine sands.
Ploughing	Clay to Sand	Gravel	
Plain Suction Dredger	Sand & Gravel	Silt	
Bucket Ladder	Clay to Blocks		
Drilling & Blasting	Blocks		

Guía de aplicación de la clasificación: Excavación (2)



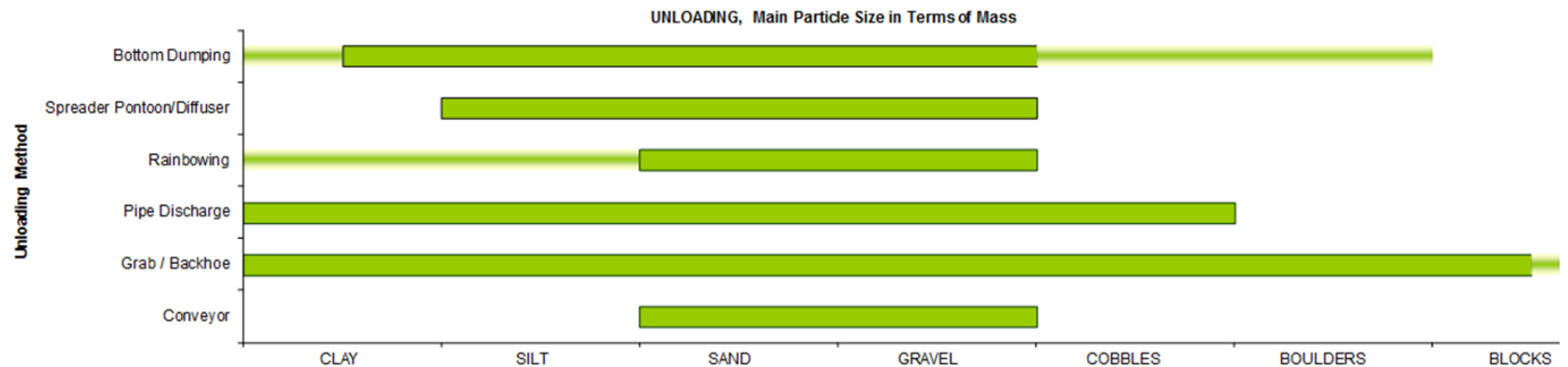
Guía de aplicación de la clasificación: Transporte



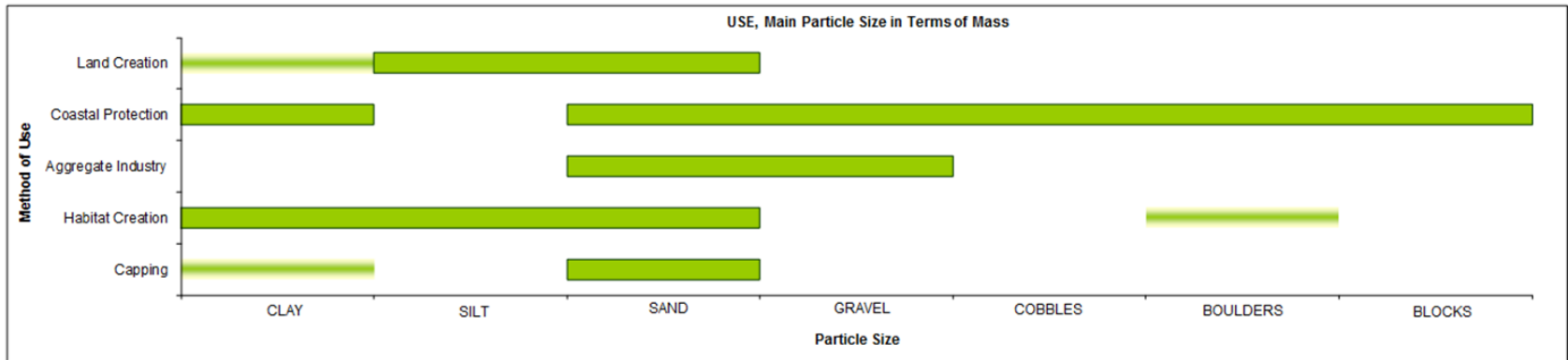
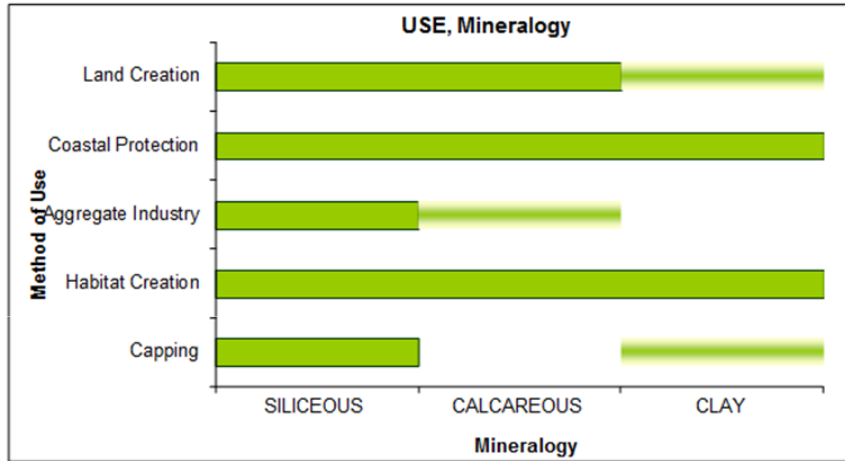
Transport Method	Main Particle Size in Terms of		Comments
	General Practice	Less Frequently Used	
Hopper / Barge	Clay to Blocks	Blocks	
Hydraulic (Pipeline)	Clay to Cobbles		The diameter of the pipeline can limit the maximum particle size unless the particles may be subject to breakage as a consequence of the dredging process.
Currents: • Density Current (WID) • Water Flow (Agitation Dredging)	Clay & Silt	Clay & Sand	Only effective for very fine and fine sands. Soft clay is general practice, while the technique is infrequently used for stiff clay. The method is best suited to use in soft cohesive silts.
Plough / Bed Leveller	Clay to Sand	Gravel & Cobbles	

Guía de aplicación de la clasificación: Descarga

Unloading Method	Plasticity		Comments
	General Practice	Less Frequently Used	
Bottom Dumping	Non Plastic	Plastic	Caution - Adherence Potential of clay is related to Plasticity and may be of considerable importance when considering unloading material, the clay may for example stick to hopper surfaces.
Spreader Pontoon/Diffuser	Non Plastic		
Rainbowing	Non Plastic		
Pipe Discharge	Non Plastic & Plastic		
Grab / Backhoe	Non Plastic & Plastic		Caution - Adherence Potential of clay is related to Plasticity and may be of considerable importance when considering unloading material, the clay may stick to surfaces of buckets / grabs.
Conveyor	Non Plastic		



Guía de aplicación de la clasificación: Uso



Conclusiones:

- La clasificación de suelos y rocas PIANC 1984 ha sido revisada en profundidad, teniendo en cuenta el desarrollo de la tecnología y las técnicas de investigación de campo.
- Los suelos y las rocas son materiales complejos con una continua evolución de sus propiedades pudiendo comportarse de una forma u otra dependiendo de dichas propiedades.
- Las propiedades de los suelos y las rocas tienen un fuerte impacto en los plazos y los presupuestos de los proyectos relacionados con los dragados. Una adecuada investigación es un prerequisite para una adecuada descripción.

Muchas gracias por su atención