



**CGI**

Centro  
Geotécnico  
Internacional

---

## ARTICULO TECNICO

### “Cómo calcular anclajes al terreno tipo Dywidag o Gewi”

José Antonio Agudelo Zapata

Ing. Caminos, Canales y Puertos y Máster de Estructuras por la Universidad de Granada.

## Cómo calcular anclajes al terreno tipo Dywidag o Gewi

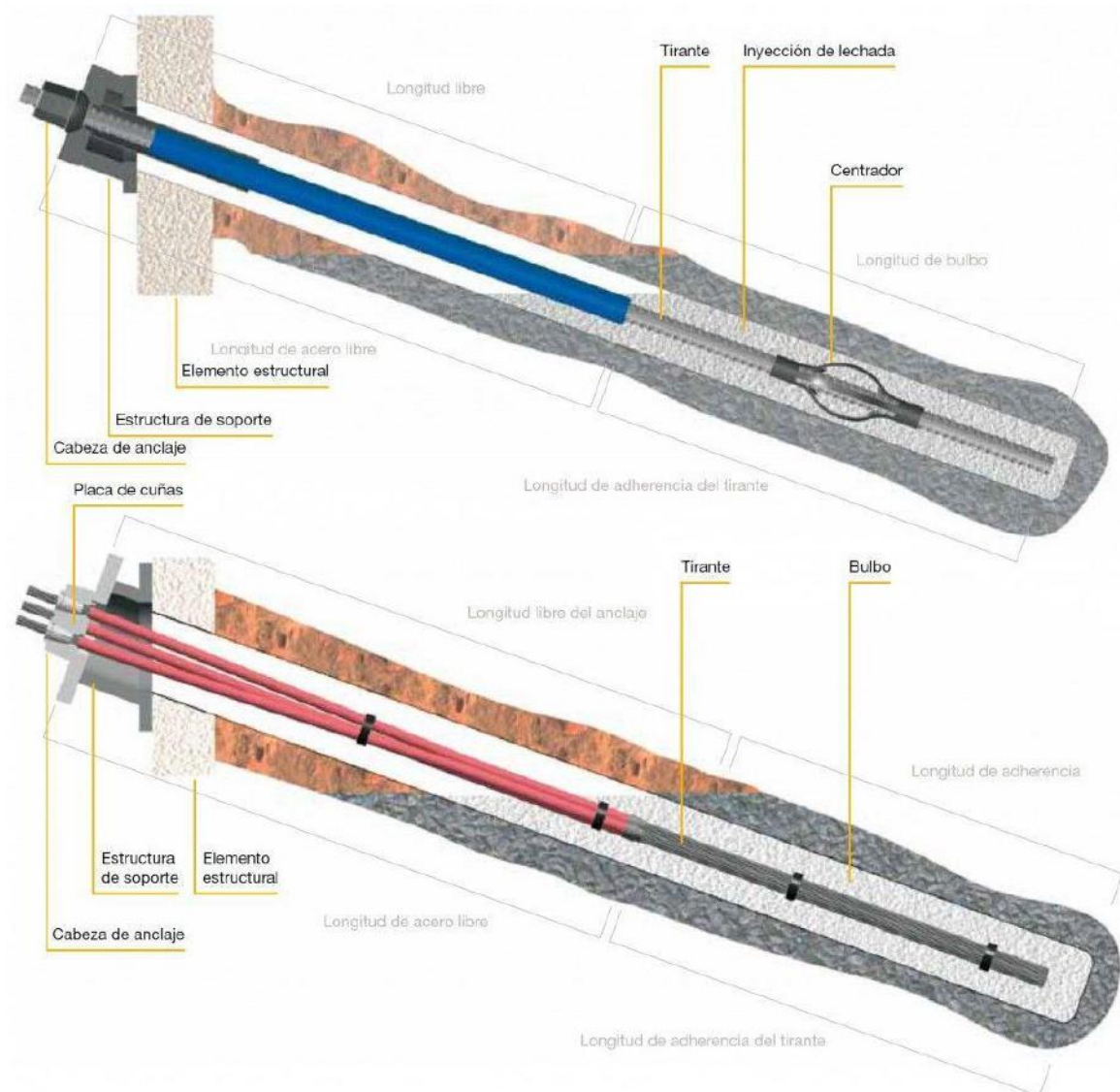
Autor:

José Antonio Agudelo Zapata

Ing. Caminos, Canales y Puertos y Máster de Estructuras por la Universidad de Granada.

<http://estructurando.net/>

En el presente artículo vamos a entrar de lleno en cómo se realiza el cálculo de anclajes de barras o de cables de tipo Dywidag o Gewi, los más usados. Además de dar la formulación estricta para el cálculo, daremos unos números gordos para un rápido dimensionamiento y documentación interesante descargable de estos anclajes al terreno.



## Los anclajes.

Los anclajes son una solución en trabajos de cimentación, estabilización de taludes y rebajes, apuntalamientos, construcción de estructuras hidráulicas, centrales y presas, estabilización contra subpresión, en anclaje de cargas de tracción, para tirantes horizontales y arriostramientos, control de la seguridad contra vuelcos...



## Partes principales.

Por definición, un anclaje consiste en tres partes principales (que podéis ver en el esquema de más arriba):

**Longitud de bulbo o adherente:** el anclaje se fija en el taladro mediante lechada de cemento y puede transferir las cargas a través de la adherencia y la fricción por fuste a la capa de suelo portante.

**Longitud libre:** la barra se aísla del taladro con una vaina lisa de forma que se puede estirar libremente en su longitud libre. Así, la fuerza de tesado se puede aplicar directamente a la zona de anclaje.

**Cabeza de anclaje:** la cabeza de anclaje transfiere la carga de anclaje a la estructura de base, y así también a la estructura que se debe anclar.

## Materiales.

Las principales características de las barras y cables que se pueden usar para los anclajes podemos verlas en las siguientes tablas:



Para barras:

### Acero de tesado DYWIDAG Y1050H

Diámetro nominal $\varnothing$ [mm]	Resistencia a tracción $f_{p0.1k}/f_{pk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Sección <b>A</b> [mm <sup>2</sup> ]	Carga al límite elástico $F_{p0.1k}$ [kN]	Carga al límite de rotura $F_{pk}$ [kN]	Peso [kg/m]
26.5	950/1,050	552	525	580	4.48
32	950/1,050	804	760	845	6.53
36	950/1,050	1,018	960	1,070	8.27
40	950/1,050	1,257	1,190	1,320	10.21
47	950/1,050	1,735	1,650	1,820	14.10

### Acero roscado GEWI® B500B

Diámetro nominal $\varnothing$ [mm]	Resistencia a tracción $f_{p0.2k}/f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Sección <b>A</b> [mm <sup>2</sup> ]	Carga al límite elástico $F_{yk}$ [kN]	Carga al límite de rotura $F_{tk}$ [kN]	Peso [kg/m]
32	500/550	804	402	442	6.31
40	500/550	1,257	628	691	9.86
50	500/550	1,963	982	1,080	15.41
63.5	555/700	3,167	1,758	2,217	24.86

### Acero roscado GEWI® Plus S670/800

Diámetro nominal $\varnothing$ [mm]	Resistencia a tracción $f_{p0.2k}/f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Sección <b>A</b> [mm <sup>2</sup> ]	Carga al límite elástico $F_{yk}$ [kN]	Carga al límite de rotura $F_{tk}$ [kN]	Peso [kg/m]
18	670/800	254	170	204	2.00
22	670/800	380	255	304	2.98
25	670/800	491	329	393	3.85
28	670/800	616	413	493	4.83
30	670/800	707	474	565	5.55
35	670/800	962	645	770	7.55
43	670/800	1,452	973	1,162	11.40
57.5	670/800	2,597	1,740	2,077	20.38
63.5	670/800	3,167	2,122	2,534	24.86
75	670/800	4,418	2,960	3,534	34.68

Para Cables:

### Acero de tesado DYWIDAG, cables 140 mm<sup>2</sup>, Ø 15,3 mm (0.6")

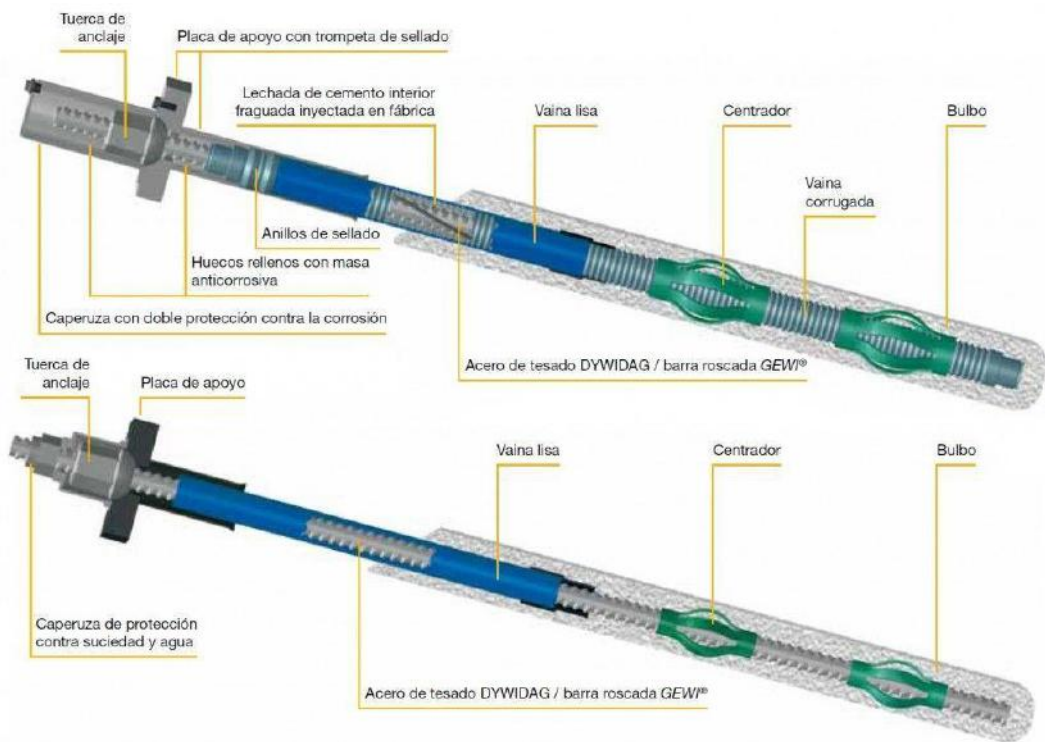
Número	Sección  A [mm <sup>2</sup> ]	Peso  [kg/m]	Estándar Y1770		Alto grado Y1860	
			Carga al límite elástico	Carga al límite de rotura	Carga al límite elástico	Carga al límite de rotura
			F <sub>p0,1k</sub> [kN]	F <sub>pk</sub> [kN]	F <sub>p0,1k</sub> [kN]	F <sub>pk</sub> [kN]
1	140	1.09	218	248	230	260
2	280	2.19	437	496	459	521
3	420	3.28	655	743	689	781
4	560	4.37	874	991	918	1,042
5	700	5.47	1,092	1,239	1,148	1,302
6	840	6.56	1,310	1,487	1,378	1,562
7	980	7.65	1,529	1,735	1,607	1,823
8	1,120	8.74	1,747	1,982	1,837	2,083
9	1,260	9.84	1,966	2,230	2,066	2,344
10	1,400	10.93	2,184	2,478	2,296	2,604
11	1,540	12.02	2,402	2,726	2,526	2,864
12	1,680	13.12	2,621	2,974	2,755	3,125
13	1,820	14.21	2,839	3,221	2,985	3,385
14	1,960	15.30	3,058	3,469	3,214	3,646
15	2,100	16.40	3,276	3,717	3,444	3,906
16	2,240	17.49	3,494	3,965	3,674	4,166
17	2,380	18.58	3,713	4,213	3,903	4,427
18	2,520	19.67	3,931	4,460	4,133	4,687
19	2,660	20.77	4,150	4,708	4,362	4,948
20	2,800	21.86	4,368	4,956	4,592	5,208
21	2,940	22.95	4,586	5,204	4,822	5,468
22	3,080	24.05	4,805	5,452	5,051	5,729

Todas estas características y más, podéis descargarlas de la página de [DSI](#) y concretamente podéis ver mucha información en su dossier de [Gama de Productos Geotécnicos](#).

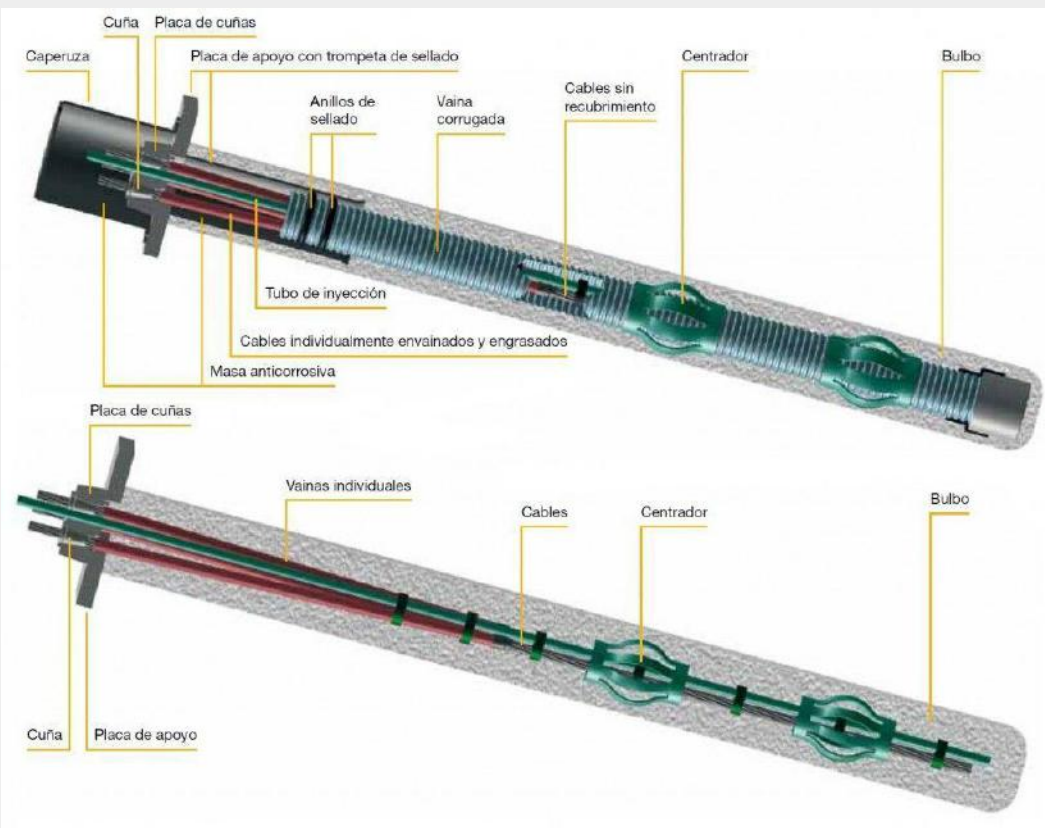
### Anclajes provisionales y permanentes. Sistemas de protección.

Una vez vista las características materiales existe otra distinción importante que muchas veces se obvia en obra: el distinguir si el anclaje va a ser permanente [duración de unos 100 años] o si va a ser provisional [máximo 2 años de uso]. Distinguir entre provisional o permanente no solo nos influye en el cálculo en cuanto a que coeficiente de seguridad considerar [y por ello se obtendrán diámetros y longitudes distintas] si no que implica un sistema de protección de los anclajes muy distintos:





Arriba sistema de anclaje de barra permanente frente al de abajo que es provisional



Arriba sistema de anclaje de cables permanente frente al de abajo que es provisional

Además, dentro de los provisionales, existen sistemas para poder recuperar parte del anclaje o la totalidad de este cuando la obra ya ha llegado a su fin y ya no es necesario, lo cual los hace económicamente interesantes. Por último, y antes de ponernos en faena con los cálculos, es importante mencionar **el tipo de protección contra la corrosión de los anclajes**. El tema de la protección contra la corrosión apropiado para anclajes permanentes puede parecer desalentador para un ingeniero enfrentado con un nuevo diseño de anclaje por primera vez. Hay por lo menos diez métodos diferentes de protección contra la corrosión disponibles, no todos ellos aplicables a los anclajes permanentes. Os recomiendo el siguiente artículo donde se explican cada uno de estos sistemas y cómo y cuándo se deben aplicar: [“Corrosion Protection Options for Permanent Ground Anchorages”](#)

Aunque de forma resumida, y para que os hagáis una idea, os dejo la siguiente tabla donde os podéis hacer una idea de las opciones de protección según el sistema de anclaje a utilizar:

<b>Classification of Application (Permanent *)</b> <b>Design Standard</b>	<b>Characteristic:</b> Loading <b>Passive / Active</b> Risk	<b>Corrosion Protection Options</b>
<b>Soil Nail</b> EN 14490 CIRIA Soil Nailing	Lightly Loaded ( $T_w$ 50-150 kN, tension)  <b>Passive (i.e. fully bonded)</b>  Low Risk (except: highly aggressive or as part of structure)	1. <b>Plain</b> (i.e. Sacrificial Corrosion Allowance; TRL 380, DIN 50 929).  2. <b>Galvanizing</b> (to BS EN 1461).  (Double Corrosion Protection: only for high risk or highly aggressive environments)
<b>Rock Bolt / Dowel</b> DIN 21521 ISRM Part 2 (for testing)	Lightly Loaded ( $T_w$ 50-150 kN, tension)  <b>Passive (fully bonded)</b> Lengths: 2-6m (typically)  Low Risk	1. <b>Plain</b> (i.e. Sacrificial Corrosion Allowance)  2. <b>Galvanizing</b> (to BS EN 1461).  (Double Corrosion Protection: only for high risk or highly aggressive environments)
<b>Mini Pile (Compression)</b> EN 14199 DIN 4128	Light to Medium Loading ( $T_w$ 50-1108 kN, compression)  <b>Passive (fully bonded)</b>  Low to Medium Risk	1. <b>Plain</b> (i.e. Sacrificial Corrosion Allowance; TRL 380, DIN 50 929).  2. <b>Galvanizing</b> (to BS EN 1461).  (Double Corrosion Protection: only for high risk or highly aggressive environments)
<b>Mini Pile (Tension) **</b> EN 14199 DIN 4128	Light to Heavy Loading ( $T_w$ 50-1270+ kN, <b>tension</b> )  <b>Passive (fully bonded)</b>  Medium Risk	1. <b>Double Corrosion Protection</b> (for highly loaded installations)  2. (Plain or Galvanised only used in lightly loaded, low risk applications)
<b>Ground Anchor</b> <b>Rock Anchor</b> BS 8081 EN 1537	Medium to Heavy Loading ( $T_w$ 150-1500+ kN, <b>tension</b> )  <b>Active (i.e. debonded free length; prestressed)</b>  Medium to Higher Risk	<b>Double Corrosion Protection</b> (i.e. factory pregrouted encapsulation).  Borehole grout not recognised as corrosion protection by current anchor standards.

## El cálculo

En España, el cálculo de los anclajes se basa en las indicaciones de la [“Guía para el proyecto y ejecución de anclajes en obras de carretera”](#) y la norma UNE-EN 1537.

Partamos que conocemos la carga sin mayorar,  $P_N$ , que llegará al anclaje que queremos calcular. Lo primero es obtener la carga nominal mayorada,  $P_{Nd}$ , a través de la expresión:

$$P_{Nd} = F_1 \cdot P_N$$

Siendo:

$P_N$  = carga nominal del anclaje

$F_1$  = coeficiente de mayoración que depende de si el anclaje es provisional o permanente. Su valor está recogido en la tabla 1.

$P_{Nd}$  = carga nominal mayorada del anclaje.

Una vez tenida la carga mayorada se deberán realizar las **siguientes tres comprobaciones**:

### 1. **Comprobación de la tensión admisible del acero**

Para esta comprobación se minorará la tensión admisible en el tirante de forma que se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

$$\frac{P_{Nd}}{A_T} \leq \frac{f_{pk}}{F_2}$$

$$\frac{P_{Nd}}{A_T} \leq \frac{f_{yk}}{F_3}$$

Siendo:

$A_T$  = sección del tirante.

$f_{pk}$  = límite de rotura del acero del tirante.

$f_{yk}$  = límite elástico del acero del tirante.

$F_2, F_3$  = coeficientes de seguridad que dependen de si el tirante es provisional o permanente. Sus valores están recogidos en la tabla 1.

**Como número gordo**, el diámetro de una barra necesaria para resistir la carga sin mayorar  $P_N$  podéis determinarla por:



$$D = 1,50 \cdot \sqrt{\frac{P_N}{f_{yk}}}$$

Si se trata de cables, podéis determinar, como número gordo, el número de cables de 0.6", n, por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{P_N}{80 \cdot f_{yk}}$$

## 2. Comprobación del deslizamiento del tirante en la lechada, dentro del bulbo

Para dicha comprobación se deberá verificar:

$$\frac{P_{Nd}}{L_b \cdot p_T} \leq \frac{\tau_{lim}}{1,2}$$

Con:

$$\tau_{lim} = 6,9 \left( \frac{f_{ck}}{22,5} \right)^{2/3}$$

Siendo:

$P_{Nd}$  = carga nominal mayorada de cada anclaje.

$p_T$  = perímetro nominal del tirante

$A_T$  = sección del tirante.

$L_b$  = longitud de cálculo del bulbo.

$\tau_{lim}$  = adherencia límite entre el tirante y la lechada expresada en MPa.

$f_{ck}$  = resistencia característica [rotura a compresión a 28 días] de la lechada expresada en MPa.

**Como número gordo** podéis deducir la longitud del bulbo,  $L_b$ , en función del diámetro de la barra  $D$ , o en número de cables,  $n$ , con la expresión siguiente:

$$L_b = \frac{P_{Nd}}{19 \cdot D} = \frac{P_{Nd}}{258 \cdot \sqrt{n}}$$

### 3. Comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo

Para esta comprobación se deberá verificar que:

$$\frac{P_{Nd}}{\pi \cdot D_N \cdot L_b} = a_{adm}$$

Siendo:

$D_N$  = diámetro nominal del bulbo.

$a_{adm}$  = adherencia admisible frente al deslizamiento o arrancamiento del terreno que rodea el bulbo.

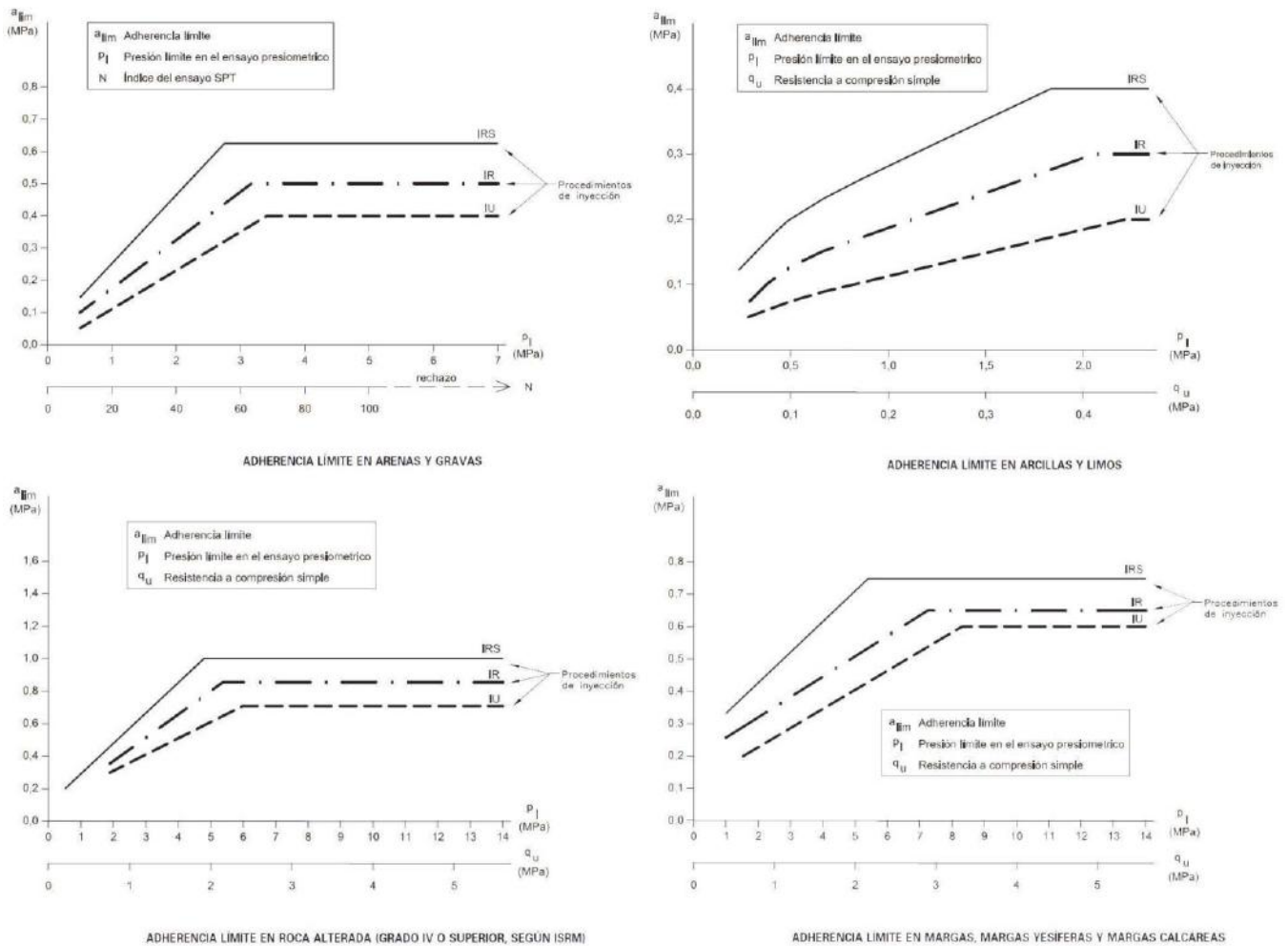
$$a_{adm} = \frac{a_{lim}}{F_4}$$

Con  $F_4$ : coeficiente de seguridad que se puede ver en la tabla 1

	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
Provisional	1,20	1,25	1,10	1,45
Permanente	1,50	1,30	1,15	1,65

Tabla 1

Y  $a_{lim}$  se puede estimar de las siguientes tablas [pincha en la imagen para ampliar]:



Aunque es aventurado ofrecer un número gordo para calcular la longitud del anclaje para satisfacer esta comprobación, debido a que depende mucho del tipo de terreno y el tipo de inyección, os proponemos la siguiente fórmula:

$$L_b = \alpha \frac{P_N d}{D_N}$$

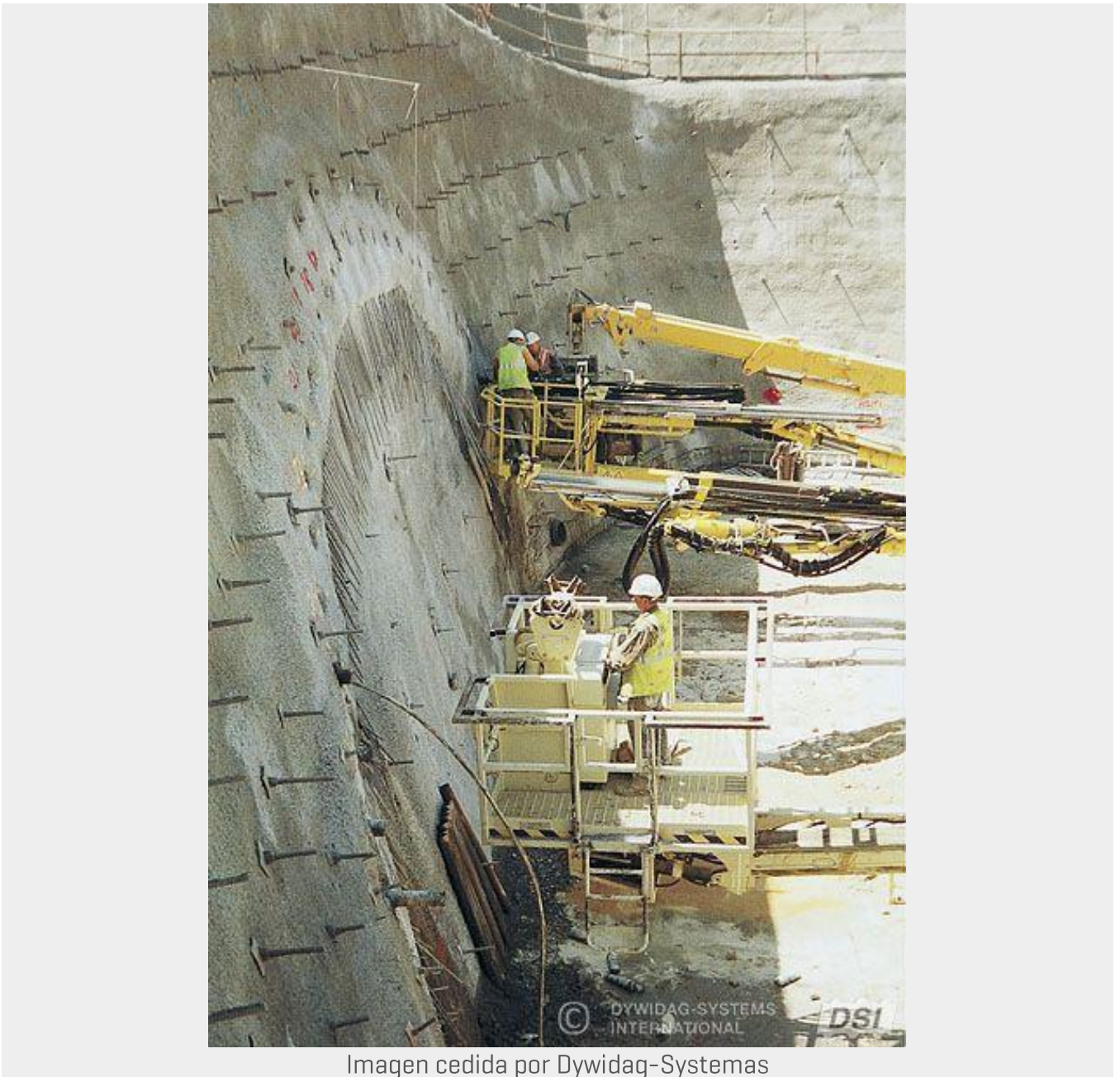


Con  $\alpha$  un coeficiente que depende del tipo de terreno:

	Arcillas y limos	Arenas y grabas	Margas	Roca Alterada
$\alpha$	3.4	2.5	1.3	1

Tabla 2

Realizadas estas tres comprobaciones, el anclaje al terreno queda totalmente definido.



Espero que os haya resultado útil e interesante.

*Fuentes:*

- ✓ [Guía para el proyecto y ejecución de anclajes en obras de carretera](#)
- ✓ UNE-EN 1537. Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Anclajes.
- ✓ Información de anclajes Dywidag y Gewi en <http://www.dywidag-sistemas.com/productos/geotecnia/anclajes-de-barra-dywidag.html>
- ✓ Dossier de [Gama de Productos Geotécnicos](#) de *Dywidag-Systemas*.



---

informes@centrogeotecnico.com  
www.centrogeotecnico.com  
Lima - Perú

**CGI PERÚ:**

Fijo : [511] 485-1540 / 642-9705  
Movil - Whatsapp [51] 941 621 841

**CGI CHILE:**

Fijo: [56] - 232109658

**CGI MEXICO:**

Fijo: [52] 5541708066

**CGI ARGENTINA:**

Fijo: [54] 1152188717

**CGI USA**

Fijo: [1] 3473445811