

5

MMS-10
UN CONCEPTO NUEVO
DE ANCLAJE

MIRIAM LORENZO BANUELOS
ALBERTO GARCIA REVUELTA
MONICA PRECIADO CALZADA
PEDRO MIGUEL BRAVO DIEZ



- 01. Introducción.**
- 02. Descripción y ventajas del anclaje.**
- 03. Ensayo extensométrico.**
- 04. Simulación por ordenador.**
- 05. Ensayo de tracción.**
 - Primer ensayo
 - Segundo ensayo
 - Tercer ensayo
 - Cuarto ensayo
 - Quinto ensayo
- 06. Ensayo de corrosión.**
 - Primer ensayo
 - Segundo ensayo
 - Tercer ensayo
- 07. Método de unión del anclaje a la roca.**
- 08. Instrucciones para el montaje.**
- 09. Características técnicas del montaje.**
- 10. Comparación con otros anclajes utilizados en espeleología.**
- 11. Bibliografía.**

1

INTRODUCCIÓN

Hemos realizado diversas pruebas y ensayos a un tornillo de acero utilizado en la construcción para sujeción en diferentes tipos de hormigón.

La finalidad que buscamos, es una alternativa de anclaje en roca para espeleología, intentando conseguir un producto más barato y ecológico

que los utilizados actualmente.

Para ello hemos realizado:

- w Ensayo extensométrico
- w Simulación por ordenador
- w Ensayo de tracción
- w Ensayo de corrosión

2

DESCRIPCIÓN Y VENTAJAS DE ESTE ANCLAJE

Es un innovador sistema de fijación para su aplicación en materiales macizos, entre otros piedra natural, nuestro especial interés. Al introducir el tornillo en el agujero previamente taladrado, esta fijación corta su propia rosca en el material, convirtiéndose en una especie de tuerca y consiguiendo así un perfecto asentamiento entre fijación y material, sin los indeseados efectos expansivos. Dada su punta con rosca cortante los esfuerzos de introducción se reducen al mínimo. Así obtenemos un funcionamiento óptimo de la fijación.

Al insertar el anclaje de rosca en el orificio se provoca un destalonado de la rosca en la pared del mismo orificio, lográndose de este modo una unión por adaptación y que no está sometida a la presión de expansión, similar a la que se logra con un anclaje por adaptación a un taladro destalonado. Gracias al uso de unas roscas tipo sierra, perfiladas y patentadas, los pares de atornillado necesarios en dicho momento son mínimos.

De este modo y dependiendo de la función prevista se obtienen una serie de ventajas en el uso, que colocan a nuestro anclaje de rosca en un plano superior al de los restantes elementos de fijación, comúnmente utilizados para cargas ligeras medianas y pesadas. El uso de este sistema de montaje permite la supresión en múltiples aplicaciones de los montajes de perno, de anclajes por adaptación a un taladro destalonado y de

unión, así como de los tacos de nylon, lo que simplifica de forma significativa los trabajos.

El montaje de este anclaje se efectúa con mayor seguridad y facilidad que otros sistemas. No son necesarias herramientas especiales, ni maquinaria especializada. Debido a su especial forma de unión con el material, tampoco son necesarios controles de par de apriete como en la mayoría de las fijaciones existentes en el mercado. Gracias a esto, se evita tener que adquirir toda una serie de material y maquinaria especializada normalmente imprescindible.

Ventajas y propiedades más importantes

Sin presión de expansión.

Menores distancias entre ejes respecto al borde.

Amplio espectro de aplicación.

Fácil manejo.

Completamente desmontable.

Más ecológico.

Reducción del tiempo de montaje un 50% por punto de fijación.

Montaje sin definición de par de apriete.

El trabajo con este tipo de anclaje es sumamente

simple, lo que hace casi imposible el cometer algún fallo a la hora de trabajar con ellos.

A diferencia de los sistemas de anclaje de taco comunes, estos pueden desmontarse fácilmente. Basta con desenroscarlos y, si fuera necesario, volver a enroscarlos posteriormente en el mismo orificio. Ello no afecta para nada la calidad de la unión.

Esta clase de fijaciones se presenta en múltiples versiones.

Diámetros de 5 a 20 mm en innumerables largos y una gran variedad de cabezas.

Para ambientes especialmente corrosivos podemos recurrir a la versión de acero inoxidable.

3

ENSAYO EXTENSOMÉTRICO

En la siguiente tabla se comparan los datos obtenidos en dos tipos de ensayos:

1º Ensayo de extensometría mediante colocación de una galga extensométrica.

2º Ensayo mediante una simulación por ordenador a través de un programa de elementos finitos.

Para realizar el ensayo de extensometría, después de colocar adecuadamente la galga, utilizamos

dos distancias diferentes para la colocación de las mordazas. Aplicamos una carga justo en el borde de la cabeza del tornillo de 10,165 Kg . Nuestro resultado lo mide un programa en unidades de “microstrain” mstrain. La galga extensométrica esta situada a 24’65 mm de la cabeza del tornillo.

Para realizar el ensayo de extensometría, después

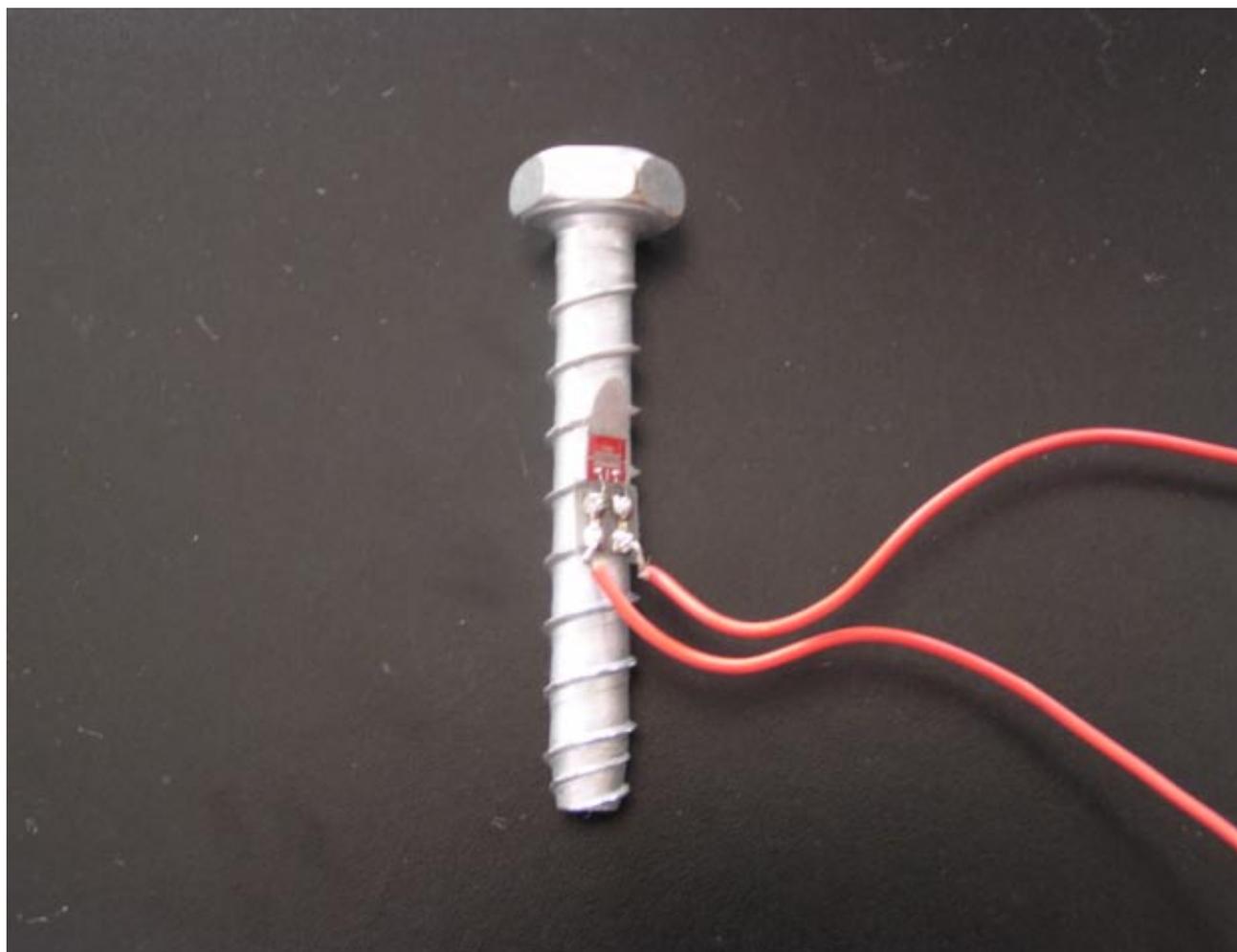


Foto: Galga extensométrica.



de colocar adecuadamente la galga, utilizamos dos distancias diferentes para la colocación de las mordazas. Aplicamos una carga justo en el borde de la cabeza del tornillo de 10,165

Kg . Nuestro resultado lo mide un programa en unidades de “microstrain” mstrain. La galga extensométrica esta situada a 24’65 mm de la cabeza del tornillo.

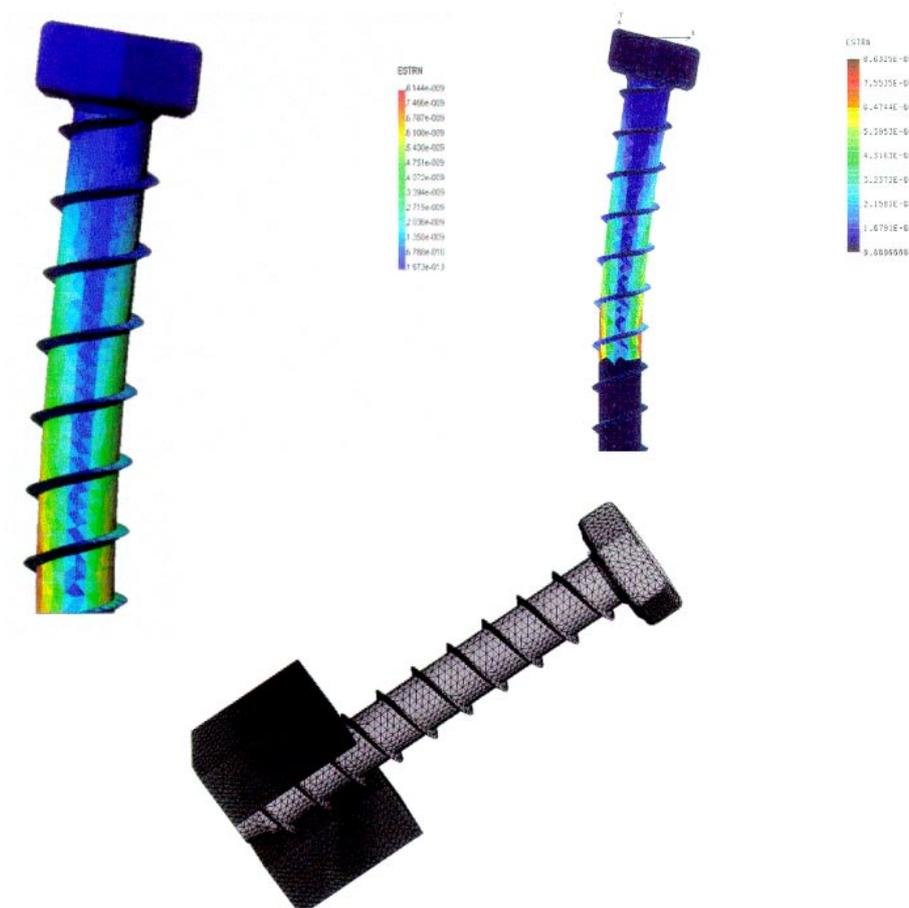
Distancia de la mordaza a la cabeza del tornillo (mm)	Deformación mediante galga en (mstrain)	Deformación mediante elementos finitos
10,09	137	130-140
40,3	330	340-380

4 SIMULACIÓN

Estas imágenes representan uno de los muchos ensayos que hemos realizado en “Cosmos”, para conseguir la simulación más aproximada a la realidad. Ya que hemos tenido muchos problemas a la hora de simular la sujección del tornillo con la mordaza, y los ocasionados por la rosca.

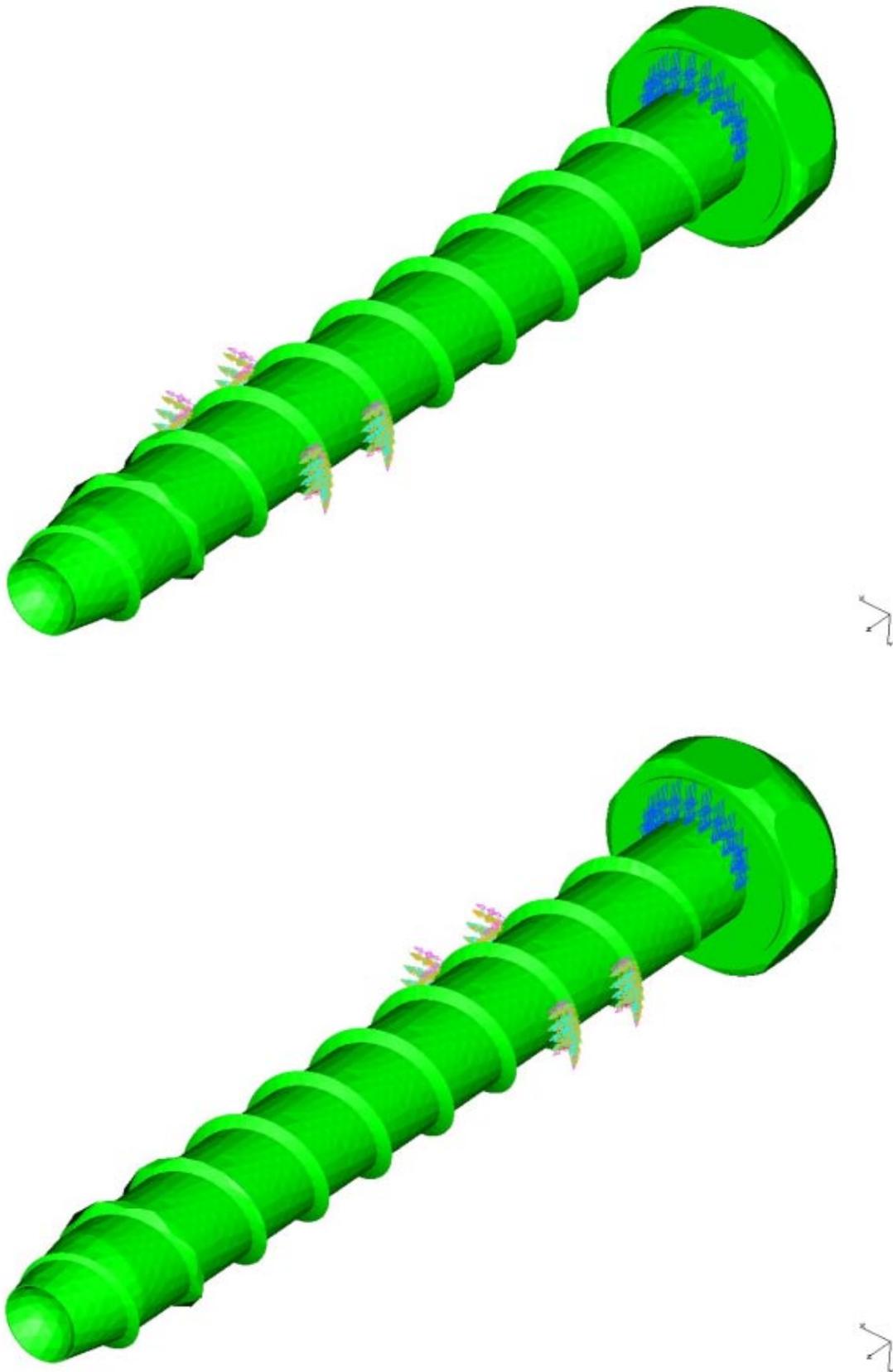
La simulación realizada es sólo de los ensayos extensométricos.

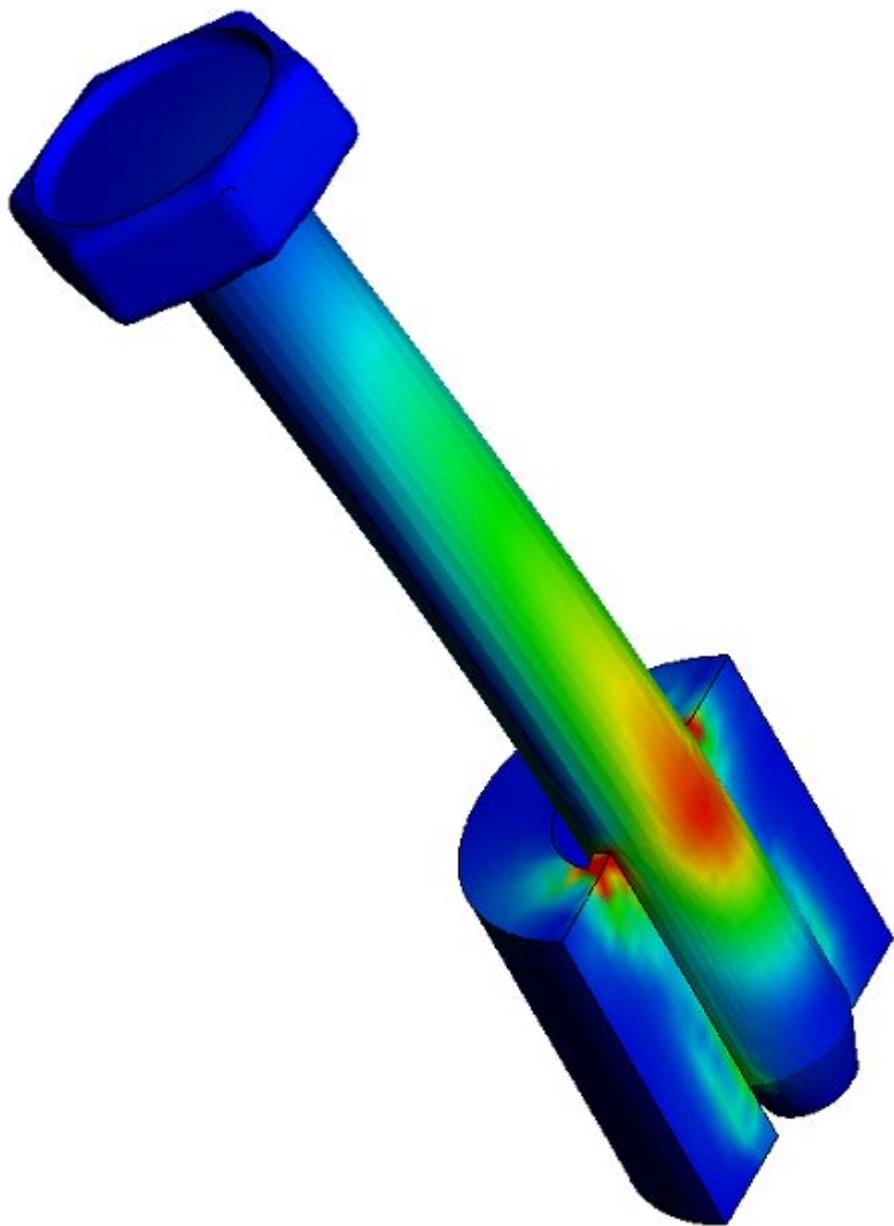
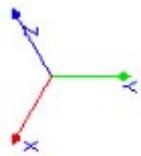
El anclaje se ha dibujado con el programa Solid Works y el análisis mediante elementos finitos se ha realizado con Cosmos 6.0.

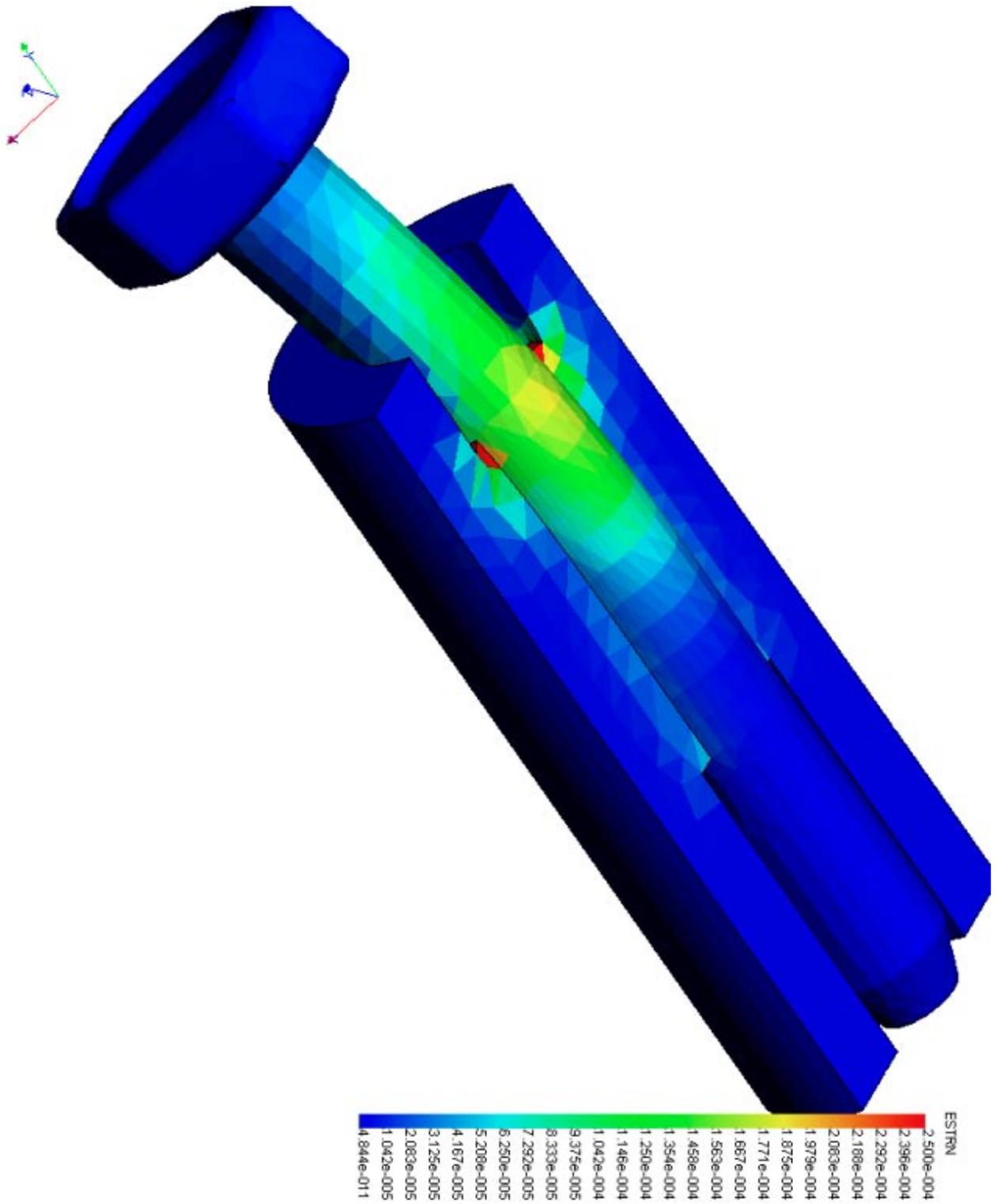


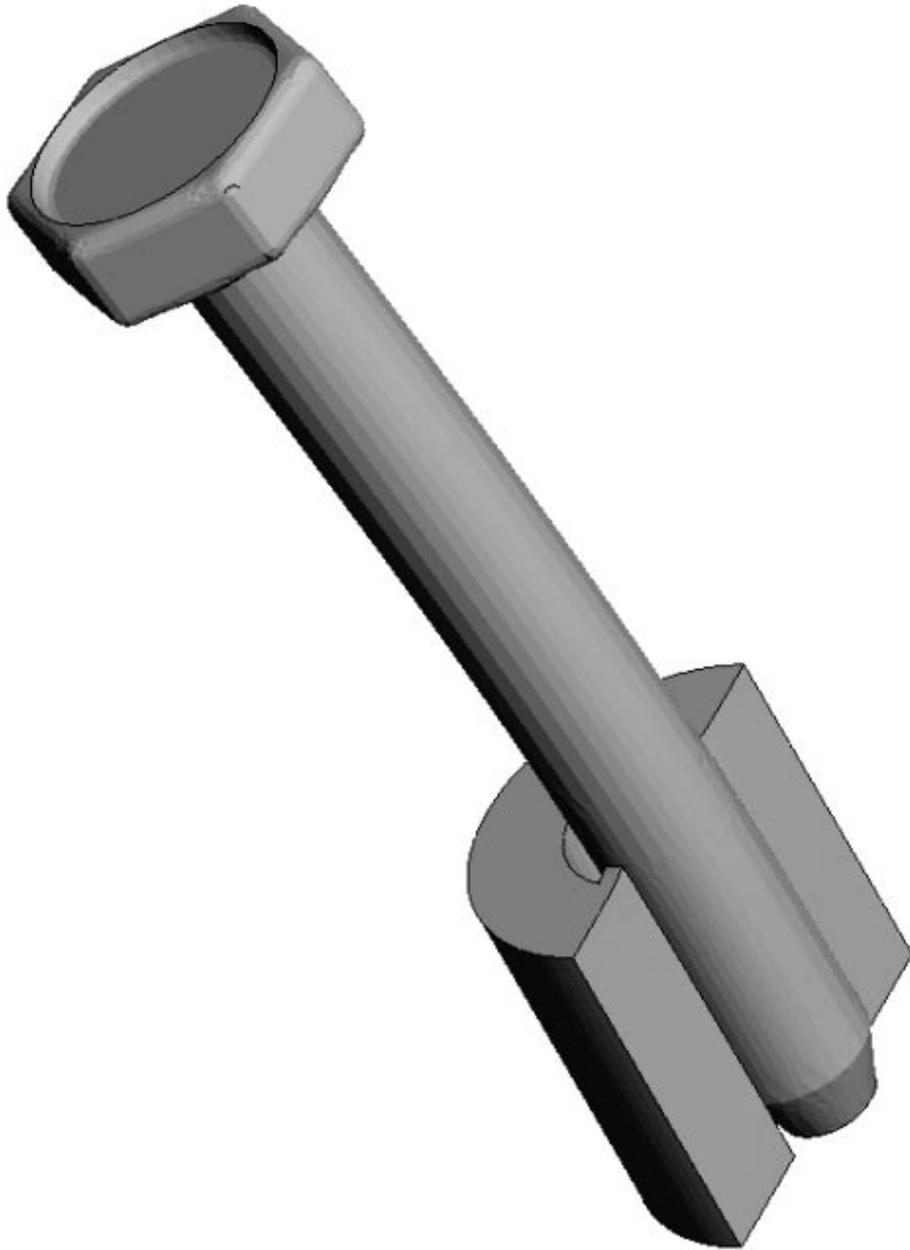
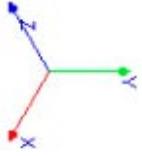
Más adelante intentamos simular mediante ordenador también los ensayos de tracción. El anclaje se realizará en Ideas 9 y la simulación

se realizará en Ansys (paquete de elementos finitos).









En el primer ensayo, colocamos la roca, (dolomita-caliza), sujeta a la parte inferior de la mordaza de la máquina de tracción. En la roca, previamente, hemos anclado dos tipos de chapas; unas de acero inoxidable y otras bicromatadas, a través de nuestro tornillo. La finalidad es la simulación de un anclaje colocado en un techo, aunque nuestro ensayo ha tratado de aproximarse lo máximo posible siempre tendremos diferencias con la realidad debido a la velocidad con la que se aplica la carga. En una caída en techo el impacto es más rápido que la velocidad a la que estamos simulando con la máquina.

También cabe destacar las diferencias de temperatura y humedad a las que pueden estar sometidos dichos tornillos así como la acción de diferentes tipos de sales o minerales que puedan, junto con la humedad, acentuar la corrosión y deterioro de nuestro anclaje.

Colocamos la mordaza, en la parte superior a través de una barra de acero doblada en forma de

“U”. Hacemos pasar dicha barra de acero a través de nuestra chapa para después tirar de ella como se aprecia en la foto.

Aplicamos en la máquina una carga máxima de 15 Toneladas y una velocidad de aplicación de esta de $V = 0,5$ m/s.

Realizamos primero el ensayo con chapa bicromatada:

Se observa en la pantalla del ordenador como la carga va aumentando progresivamente hasta que llega un punto en que la chapa bicromatada comienza a someterse a estricción, se deforma alargándose debido a su plasticidad. Finalmente ésta, rompe a una carga máxima de 1,16 Toneladas, no habiéndose movido para nada de su sitio nuestro tornillo, ni haber sufrido ninguna alteración.

Así quedó la chapa y el tornillo después de someterles a la carga.



Foto: Chapa bicromatada y tornillo zincado (1er ensayo de tracción).



Foto comparativa: Chapa bicromatada (1er ensayo de tracción) y original.

Realizamos en segundo lugar el ensayo para nuestro chapa de acero inoxidable: paso de los filetes de la rosca sin apenas defectos. (Véase fotos).

Observamos cómo pasa lo mismo que en el ensayo anterior pero esta vez nuestra chapa de acero se estira menos que la anterior por ser menos dúctil. Finalmente, rompe nuestra roca, fragmentándose en cachitos debido a sus dimensiones, a una carga máxima de 3,2 Toneladas. Esto también puede tener sus diferencias con la realidad porque la roca misma es más compacta y aguantaría algo más. Vemos también cómo la cabeza de nuestro tornillo se ha doblado un poco. En la roca se puede apreciar el



Foto: Chapa de acero inoxidable, tornillo zincado y original (2o ensayo de tracción)

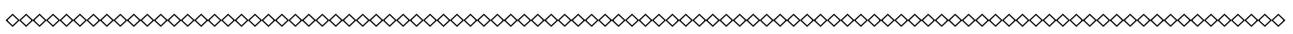
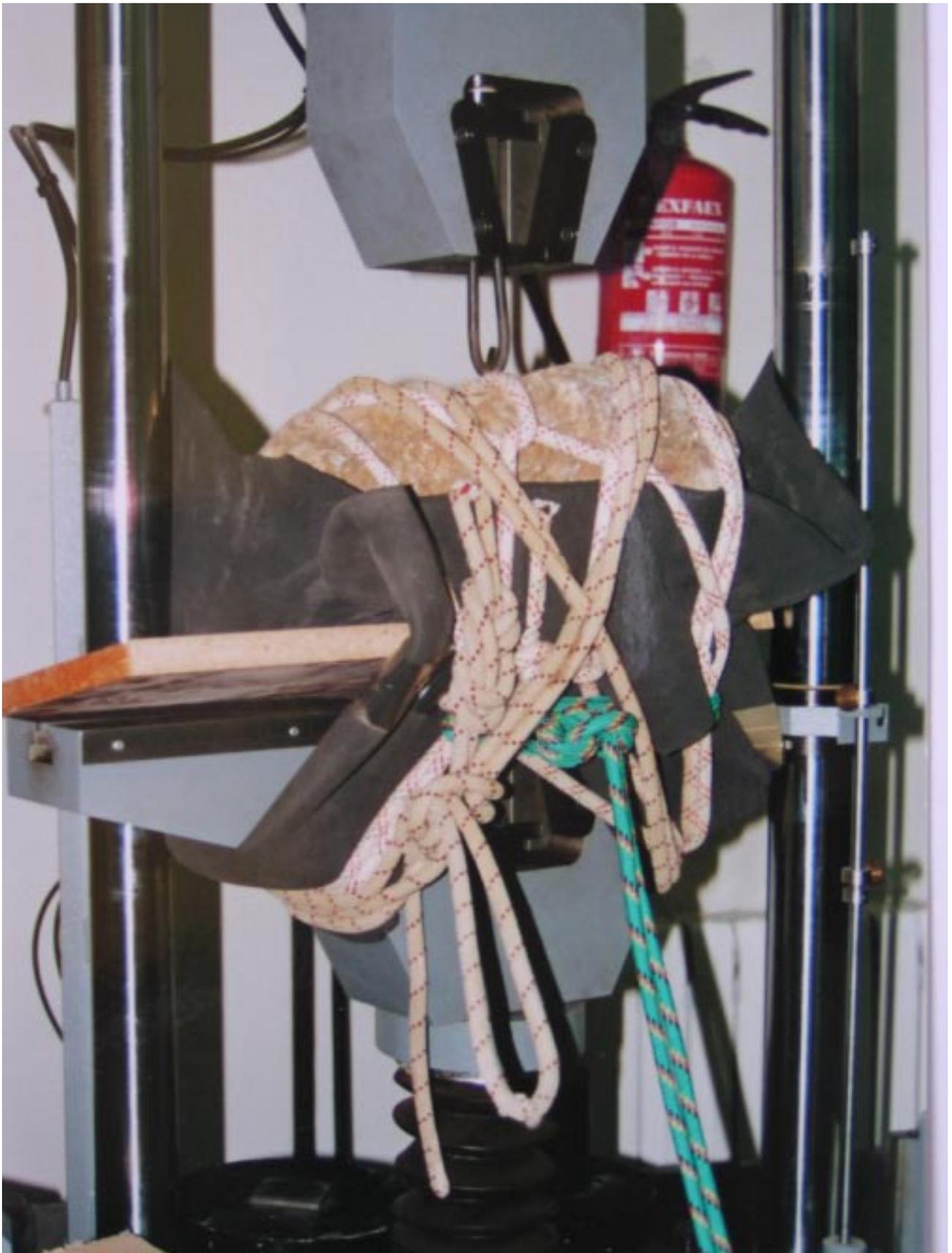




Las sucesivas imágenes corresponden a los ensayos anteriormente explicados, colocadas por orden según se realizaron.

Fotos del primer ensayo:











Fotos del segundo ensayo:



Realizamos en tercer lugar un ensayo en el que la roca tiene colocado nuestro anclaje en un lateral simulando una pared.

Mediante una pletina de acero, nuestra barra de acero en forma de “U” utilizada en los ensayos anteriores y una chapa de acero inoxidable, anclamos nuestra roca a la máquina de tracción.

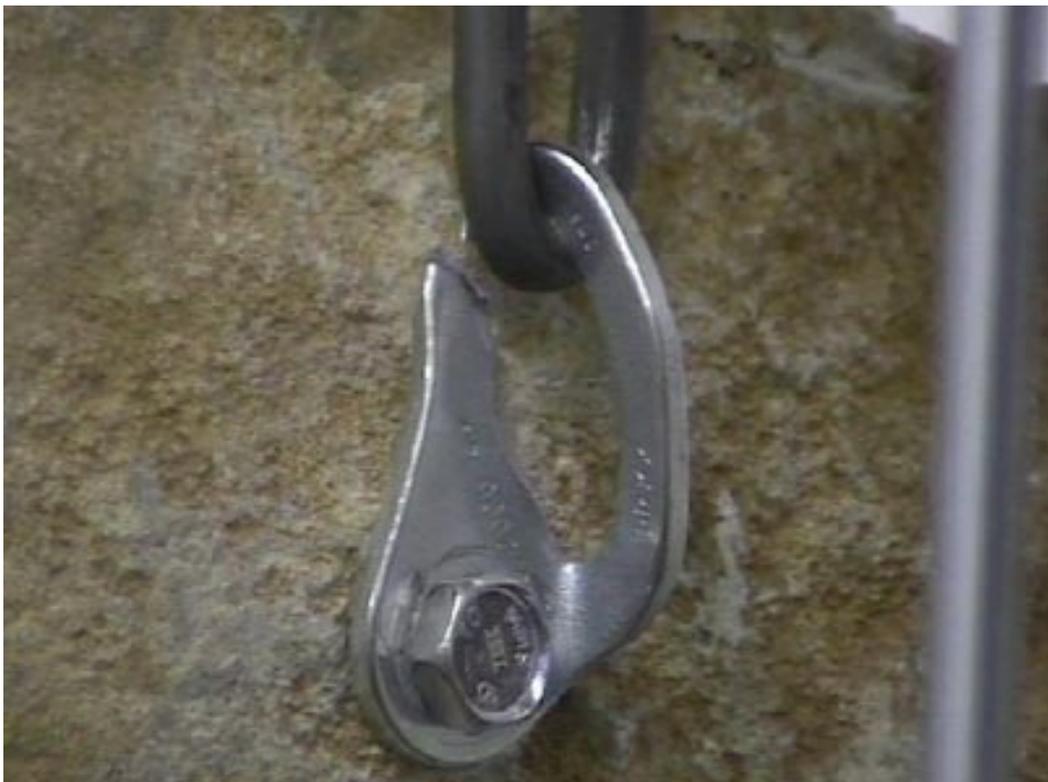
En este caso estamos trabajando a cortadura. Aplicamos la carga y vemos que ha roto nuestra roca abriéndose mediante una grieta en dos trozos a tan sólo una carga máxima de 40Kg. Esto es debido a que la roca podía tener una grieta inicial y al aplicar la carga hemos ayudado a que ésta progrese, hasta que finalmente ha roto. Nuestro anclaje permanece intacto.





Realizamos en cuarto lugar este mismo ensayo pero con otra nueva roca.

Esta vez ha fallado nuevamente la chapa rompiéndose por un lado a una carga máxima de 1,87 Toneladas.





Realizamos en quinto lugar un ensayo intentando simular el arranque del tornillo de la roca, pero en este caso simulamos un techo con ausencia de chapas.

El método de anclaje de nuestro tornillo a la máquina es mediante una pletina de acero doblada en forma de “U”; esta pletina es la que se amarra a la mordaza superior. El anclaje de nuestra roca a la mordaza inferior de la máquina es mediante una pletina de acero en forma de “L” y anclada con dos tornillos.

Aplicamos la carga y observamos que prácticamente al instante, lo más parecido a

un impacto, rompe nuestra roca en dos trozos perfectamente separados por una línea horizontal a una carga máxima de 3 Toneladas. Nuestro tornillo continúa anclado perfectamente sin sufrir ninguna alteración ni él, ni el paso de rosca por el que está anclado a la roca.

En este caso ha tardado poco en romper ya que no tenemos ninguna chapa o elemento dúctil que pueda absorber esfuerzo deformándose.

La rotura de la roca en dos fragmentos se ha producido perfectamente en la dirección de los estratos de la roca.







ENSAYOS DE TRACI3N

ENSAYO	ANCLAJE	CHAPA	POSICI3N	CARGA DE ROTURA	QUE ROMPE	ESTADO FINAL ANCLAJE / CHAPA
1	MMS-10 Zincado	Bicromatada (2200Kg)	Techo	1160 Kg	Chapa	Anclaje en buen estado
2	MMS-10 Zincado	Acero Inoxidable (4000Kg)	Techo	3200 Kg.	Roca	Anclaje doblado. Chapa deformada.
3	MMS-10 Zincado	Aleaci3n de Acero (2000Kg)	Pared	40 Kg.	Roca	Anclaje y chapa en buen estado
4	MMS-10 Zincado	Aleaci3n de Acero (2000Kg)	Pared	1870 Kg.	Chapa	Anclaje en buen estado
5	MMS-10 Zincado	----	Techo	3000Kg	Roca	Anclaje en buen estado

6

ENSAYO DE CORROSIÓN

El ensayo de corrosión consiste en someter a la pieza en estudio, a unas condiciones que simulen una atmósfera lo más agresiva posible para determinar su resistencia a los factores ambientales más desfavorables.

Siguiendo estos factores en el ensayo a realizar, es posible conocer el efecto que la corrosión, principal consecuencia de un ataque bajo atmósfera salada, puede ocasionar con el tiempo en los materiales y aparatos afectados.

Los factores a los que se somete la pieza se simula

en un cámara de niebla salina.

Dichos factores son los siguientes:

Salinidad: "pulverización de una solución salina altamente concentrada"

humedad: 95 HR.

temperatura: 34 °C

presión: 0,9 – 1,7 atmósferas

Las piezas sometidas a ensayo consisten en una serie de tornillos de diferente composición, así como anclajes y sistemas de sujeción utilizados actualmente en espeleología.

ENSAYOS EN CAMARA DE NIEBLA SALINA



Las piezas sometidas a ensayo no pueden tocar las paredes de la cámara, para no alterar los ángulos de exposición frente a la nube salina, es

por ello por lo que dichas piezas deben de estar literalmente suspendidas.



Foto comparativa: 3 Tornillos zincados sometidos a 72h en C.N.Salina y original.

La probeta de acero inoxidable con la punta reforzada de carbono para endurecerla, después de someterse en igualdad de condiciones y durante el mismo tiempo al mismo ensayo que

la de acero zincado, no presenta ningún deterioro de tipo corrosivo ni blanco ni rojo salvo algo de corrosión roja en la punta de la probeta reforzada con carbono.



Foto comparativa: Tornillo de acero inoxidable con punta reforzada de carbono sometido a 72h en C.N.Salina y original.

Nota: La métrica del tornillo de acero inoxidable con punta reforzada, es menor que la de acero zincado.

No obstante, ésto no afecta para nada en la realización del ensayo de corrosión. A su vez, la métrica del tornillo original de acero inoxidable con punta de carbono, es mayor que el sometido a la prueba.

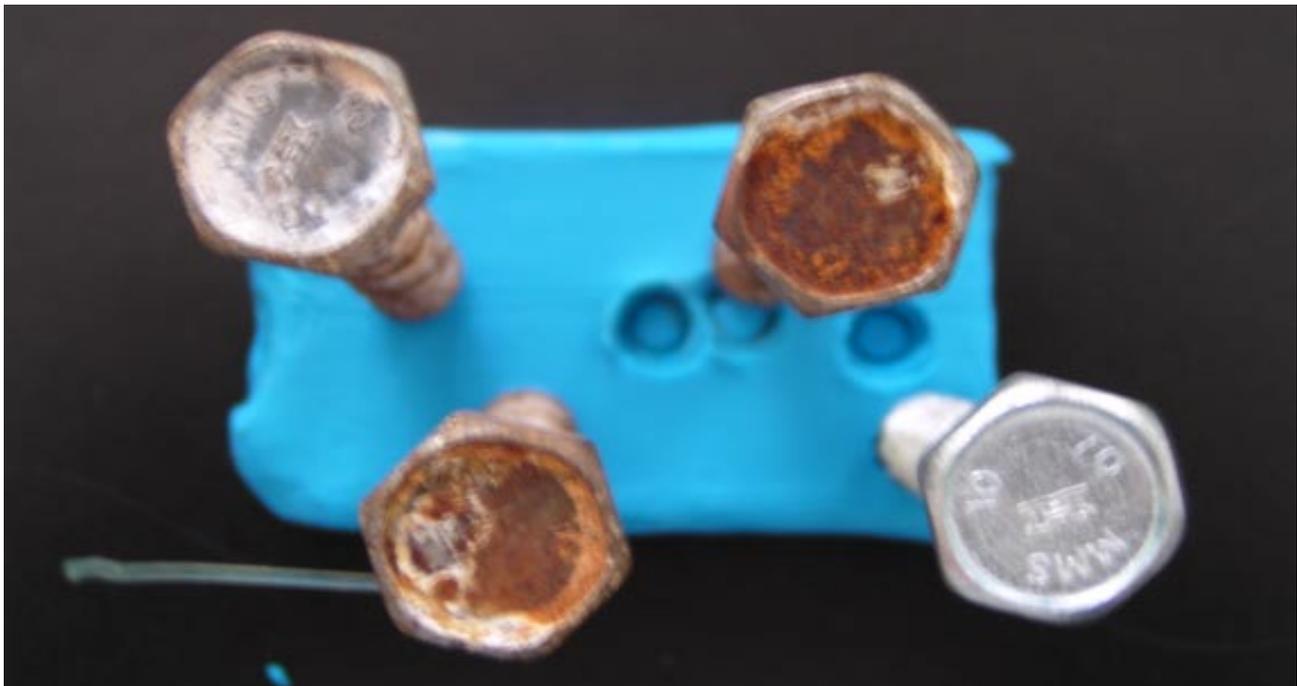


Foto comparativa :Tornillo 24h, dos de los de 72h y original.

Tercer ensayo. Comparación con otros elementos de sujeción.

DURACIÓN: 24 HORAS

Nº PROBETAS: 6

DESCRIPCIÓN: SPIT, CHAPA , TACO DE EXPANSIÓN.

MATERIAL:

CHAPA DE ALUMINIO.

CHAPA BICROMATADA.

SPIT TRADICIONAL BICROMATADO.

SPIT AUTOPERFORANTE

BICROMATADO.

En este ensayo, se realiza el estudio del comportamiento con otros anclajes alternativos a nuestro tornillo y diversos modelos de chapas (alas de mosca).

En primer lugar tenemos un spit tradicional. Éste presenta un elevado grado de corrosión roja sobre la rosca y algo de corrosión blanca bajo la cabeza de ésta. Sobre el taco del spit existen pequeñas zonas de corrosión blanca y algo de corrosión roja.
(Véase foto)



Foto comparativa: Spit tradicional sometido a 24h en C.N.Salina y original

En segundo lugar estudiamos otro tipo de spit autoperforante unido a una chapa de aluminio.

El spit presenta zonas parcialmente sometidas a corrosión blanca y corrosión roja en las zonas rugosas.

La chapa presenta algunas zonas sometidas a corrosión blanca.



Foto: Chapa de aluminio y spit autoperforante.

En tercer lugar estudiamos un spit de iguales características al de la chapa anterior, pero esta vez unido a una chapa bicromatada.

La chapa tiene pequeñas picaduras de corrosión blanca. El spit presenta las mismas características que su similar anterior



Foto: Chapa bicromatada y spit autoperforante.

En cuarto lugar analizamos la situación de un taco de expansión de los utilizados actualmente a modo de parabolts.

Este no presenta ningún daño ocasionado por la corrosión salvo un poco de corrosión blanca en el grabado de la cabeza del tornillo. (Véase foto)



Foto comparativa:
Taco de expansión sometido 24h a cámara de niebla salina y original.

ENSAYO DE CORROSIÓN					
ENSAYO	DURACIÓN	Nº PROBETAS	DESCRIPCIÓN	% CORROSIÓN BLANCA	% CORROSIÓN ROJA
1	24h	1	MMS-10 Zincado	85%	15%
2	72h	3	MMS-10 Zincado	20%	80%
3	72h	1	MMS-10 Acero Inoxidable con punta reforzada de carbono	-----	40% sólo en la punta de carbono.
4	24h	1	Spit.	-----	70%
5	24h	1	Chapa (Aluminio) Spit auto perforante	30% 10%	30% -----
6	24h	1	Chapa (Bicromatada) Spit auto perforante	10% 10%	20% 30%
7	24h	1	Taco de expansión	5%	-----

7

MÉTODO DE UNIÓN DEL ANCLAJE A LA ROCA

Mediante un taladro realizamos en la roca un agujero del diámetro nominal del tornillo (sin tener en cuenta la rosca) y de profundidad algo superior a la del tornillo.

Posteriormente y después de limpiar el agujero

de posibles restos de broza, procedemos a roscar el tornillo en la roca mediante una llave.

Una vez realizada la rosca en la roca, extraemos el tornillo y lo roscaremos nuevamente habiendo colocado previamente una chapa o una pletina.

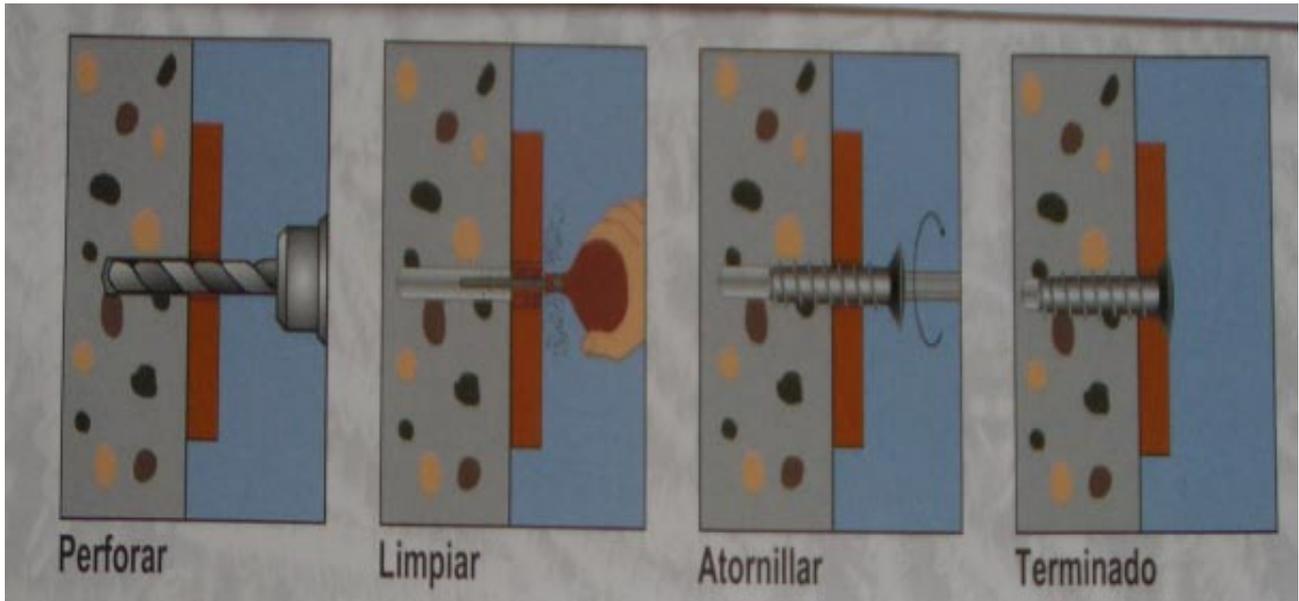


Foto: Pasos del montaje

8

INSTRUCCIONES PARA EL MONTAJE:

El sistema de montaje utilizado se basa en un principio de actuación completamente nuevo en la técnica de anclajes. Al atornillarse el elemento de unión en la base, la rosca provoca un destalonado, lo que permite una unión segura. La unión está libre de fuerza de expansión estando fijada a la base de la obra sin carga alguna.

CONDICIONES DE MONTAJE:

La calidad del orificio del taladro es la condición decisiva para una fácil colocación del anclaje de rosca. Debe prestarse especial atención a que los orificios del taladro se efectúen perpendicularmente respecto al plano de montaje y con suficiente profundidad.

Las profundidades mínimas de inserción se consultan en tablas.

Gracias al destalonado del paso de rosca, el anclaje queda plenamente garantizado incluso sin par de apriete. De este modo y a diferencia de los sistemas de fijación convencionales, no es necesario aplicar unos pares de apriete elevados o claramente definidos para lograr una unión segura. La fuerza de fijación previa sirve únicamente para la fijación del componente que pretende colocarse. Por este motivo, a la hora de insertar este anclaje de rosca no es necesario efectuar un control de par de giro. No obstante, para poder excluir con absoluta seguridad una eventual sobrecarga de la unión atornillada,

recomendamos cumplir estrictamente los pares máximos de montaje indicados M_{dmax} .

En montajes en los que se utilicen tornillos hexagonales de las versiones MMS-S, pueden utilizarse arandelas comunes de los tipos DIN 9021 o DIN 440.

La longitud mínima necesaria del anclaje se calcula a partir de la profundidad de inserción necesaria más la fuerza de sujeción deseada (grosor del componente que quiere unirse). En aquellos casos en que este anclaje de rosca

no esté disponible en la longitud calculada, deberá utilizarse una longitud superior. En este caso, deberán aumentarse las profundidades de inserción y de perforación en la diferencia correspondiente.

Nota: Características sólo para anclaje de diámetro 10 y longitud 70. Los valores para otras medidas de anclaje también están tabulados pero no en este documento.

Aplicaciones en hormigón fisurado y no fisurado para toda tipología de carga (asimilable a rocas compactas y a rocas ligeramente friables)

9 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MONJAJE:

Anclaje MMS-10			
Broca	d_o	8,0	mm
Corte de la broca	$d_{cut} \leq$	8,45	mm
Taladro a través de la pieza a fijar	$d_f \leq$	12	mm
Profundidad mínima del taladro	$h_1 \geq$	75	mm
Profundidad efectiva de anclaje	$h_{ef} \geq$	60	mm
Distancia entre ejes	$s \geq$	160	mm
Distancia mínima entre ejes	$s_{min} =$	60	mm
Distancia al borde	$c \geq$	80	mm
Distancia mínima al borde	$c_{min} =$	60	mm
Ancho mínimo del elemento constr	$b \geq$	160	mm
Espesor mínimo del elemento constr	$h_{min} =$	110	mmZ

Carga de tracción cizalladura F_Q

Anclaje		Hormigón	MMS-10	Unidades
Carga recomendada hormigón no fisurado	Acero zincado	C 20/25	5,0	K _N
		C 30/37	6,0	K _N
		C 34/45	7,0	K _N
Carga recomendada hormigón fisurado	Acero zincado	C 20/25	3,7	K _N
		C 30/37	4,4	K _N
		C 34/45	5,0	K _N
Profundidad efectiva		$h_{ef} \geq$	60,0	mm
Distancia al borde		$c \geq$	13,0	cm
Distancia mínima al borde		c_{min}	5,0	cm
Distancia entre ejes		$s \geq$	26,0	cm
Distancia mínima entre ejes		s_{min}	5,0	cm

Nota: coeficiente de seguridad S=4

Carga de flexión MB:

Anclaje MMS-10		Carga a flexión recomendada	Unidades
Material	Ac. zincado	≤ 28	N m
	Ac. inox. A4 1.4401	≤ 18	N m

Características técnicas.

Anclaje MMS-10		Par de rotura	Resistencia a tracción	Resistencia a cizalladura
Material	Ac. zincado	80	46	27
	Ac. inox. A4 1.4401	65	37	16
Unidades		N m	K _N	K _N

Parámetros de montaje para fijaciones de hormigón.

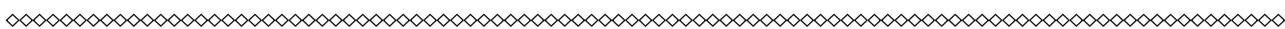
Anclaje MMS-10		MMS-10	Unidades
Profundidad efectiva de anclaje	h_{ef}	60	mm
Profundidad nominal de anclaje de acero zincado Zn	h_{nom}	65	mm
Profundidad nominal de anclaje de acero inoxidable	h_{nom}	75	mm
Broca	d_o	8	mm
Profundidad del taladro	h_o	$h_{nom}+10\text{mm}$	mm
Espesor mínima elemento constr.	h_{min}	120	mm
Taladro a través de la pieza a fijar	d_f	12,0	mm
Par de apriete recomendado	$Md_{max}e \geq$	50	Nm

Parámetros de montaje para fijaciones de mampostería.

Anclaje		MMS-10	Unidades
Profundidad efectiva de anclaje	h_{ef}	60	mm
Profundidad del taladro	h_1	75	mm
Broca ¹	d_o	8	mm
Distancia al borde ²	c	8	cm
Distancia mínima al borde ²	c_{min}	5	cm
Distancia entre ejes	s	15	cm
Distancia mínima entre ejes	s_{min}	5	cm
Par máximo de apriete	Md_{max}	30	Nm

¹ Taladro percutor

² Distancias desde el borde a la pared



Otras características de interés.

Tipo de anclaje	Diámetro nominal	Longitud del anclaje	Ancho de llave SW	Broca d_0	Profundidad del taladro h_1	Profundidad del anclaje h_{nom}	Espesor máximo a fijar	Cargas admisibles en hormigón fisurado B25	Cargas admisibles en hormigón no fisurado B25	Cargas recomendadas en hormigón no fisurado B25
MMS-10	10	70	SW16	8	75	65	5	2,0 ³	2,8 ³	6,4
Unidades	mm	mm	-	mm	mm	mm	mm	K_n	K_n	K_n

³ Homologación Z-21.1-1503

Características del anclaje de acero inoxidable A4 1.4401 con punta de acero fosfatada.

Tipo de anclaje	Diámetro	Longitud del anclaje	Ancho de llave SW	Broca d_0	Profundidad del taladro h_1	Profundidad del anclaje h_{nom}	Espesor máximo a fijar	Cargas admisibles en hormigón fisurado B25	Cargas admisibles en hormigón no fisurado B25	Cargas recomendadas en hormigón no fisurado B25
MMS-10	10	70/85	SW16	8	85	75	10	2,5 ⁵	3,5 ⁵	6,4
Unidades	mm	mm	-	mm	mm	mm	mm	K_n	K_n	K_n

⁵ Homologación Z-21.1-170, método de cálculo B.



El funcionamiento del anclaje A4, se basa en un acoplamiento de tipo geométrico, generado por el agarre de su rosca al introducirse en el material. Para garantizar este tipo de inserción, en la versión de acero inoxidable, es necesario acoplar una punta de acero al carbono a fin de lograr la dureza requerida para efectuar el corte en el material.

El largo de la parte cortante, no debe ser tenido en cuenta, ya que dicha zona endurecida al carbono, no forma parte de la longitud total del tornillo.

Foto: anclaje A4 1.4401

La fiabilidad y funcionalidad de este anclaje también es efectiva en situaciones extremas para aplicaciones en hormigón fisurado y no fisurado, habiendo sido comprobada tras numerosas pruebas, y contando con las homologaciones y certificaciones realizadas en diversos Institutos Técnicos Europeos.



Foto comparativa anclaje MMS-10 zincado y de acero inoxidable.

10 COMPARACIÓN CON OTROS ANCLAJES UTILIZADOS ACTUALMENTE EN ESPELEOLOGÍA.



Foto: spit normal/autoperforante, parabolt , taco de expansión y MMS-10.



ESTUDIO REALIZADO POR:

MIRIAM LORENZO BAÑUELOS.

Ingeniera Técnica Industrial Mecánica.
Espeleóloga de TAZZELGURM.

ALBERTO GARCIA REVUELTA.

Ingeniero Técnico de Obras Públicas.
Máster en Ensayos no Destructivos (E.N.D.)
Espeleólogo de TAZZELGURM.

MONICA PRECIADO CALZADA.

Dra. Ingeniera Naval
Ingeniera de Materiales

PEDRO MIGUEL BRAVO DÍEZ

Dr. Ingeniero Industrial
Director del Dpto. de Ingeniería Civil (U.B.U.)

ENTIDADES COLABORADORAS:

E.P.S. DE LA UNIVERSIDAD DE BURGOS

**GRUPO ESPELEOLÓGICO
TAZZELGURM**