

MONTAJE DE LINEAS DE ANCLAJE, TRABAJO Y SEGURIDAD PARA TAREAS EN SUSPENSIÓN, DE ACCESO Y POSICIONAMIENTO POR CUERDAS

Redactó: Consejo Académico	Editó: Alejo H. Beorlegui	Aprobó: Comité Ejecutivo
-------------------------------	------------------------------	-----------------------------

Historial de Revisiones

N° de Versión	Modificación Realizada
2	7.Lineas de Trabajo y Seguridad. 8. Aspectos relevantes de las normativas vigentes. Anexos
3	Cambio de siglas AATEAC

ÍNDICE

1	INTRODUCCION	4
2	OBJETIVO	5
3	CONCEPTOS Y DEFINICIONES	6
4	ANCLAJES DE SEGURIDAD	11
	Tipos de anclajes industriales	14
	Consideraciones técnicas	24
5	SISTEMA DE ANCLAJES INDUSTRIALES	33
6	LÍNEAS DE ANCLAJE HORIZONTALES	39
7	LÍNEA DE TRABAJO Y SEGURIDAD	49
8	ASPECTOS RELEVANTES DE LAS NORMATIVAS VIGENTES	53
9	CONSIDERACIONES FÍSICAS	59
	Caída libre	59
	Palancas	59
	Polipastos	63
10	REFLEXIÓN	68
11	BIBLIOGRAFÍA	69
12	ANEXOS	70
	TABLA DE SELECCIÓN DE ANCLAJES	71
	EJEMPLOS DE DATOS DE CAPACIDAD DE UN ANCLAJE	72
	EJEMPLO DE CARACTERÍSTICA DE INSTALACIÓN	73
	RESUMEN NORMA EN 959: 2007	75

1- INTRODUCCIÓN

Los trabajos de acceso y posicionamiento con cuerdas y las tareas que se realizan en suspensión en altura poseen diferentes riesgos que el operario técnico que los realiza debe gestionar en conjunto con la organización responsable.

Para realizar este tipo de trabajo debemos, luego de gestionar la seguridad y planificar operativamente las tareas tras realizar los relevamientos pertinentes en el área a intervenir, sectorizar el escenario para acceder a las zonas de trabajo. El tipo de tarea, la exposición a ciertos riesgos, el lugar de acceso, la estructura y características edilicias, el ambiente y los operarios, son algunos de los factores que van a condicionar el tipo de acceso y de posicionamiento que se montará.

El montaje de dichas líneas de cuerdas se llevará a cabo por un operario técnico AATEAC nivel II, quien cuenta con las competencias específicas para esta delicada tarea, de la que dependerá todo el posterior trabajo. **Las líneas de trabajo y seguridad son el elemento clave de todo trabajo de acceso por cuerdas**, lo que los diferencia de los demás trabajos de altura. Y de estas depende en gran medida la seguridad del operario ya que de ella se suspenderán.

Toda la cadena de seguridad compuesta de todos los elementos intervinientes en los tendidos de cuerdas incluidos los dispositivos de regulación en cuerda son de gran importancia para realizar un trabajo en suspensión. En las partes o componentes más vulnerables deberá ser redundada o estar reforzada de tal manera que no falle ningún “eslabón”. En un extremo de dicha cadena está el operario que realiza el trabajo y en el otro extremo la estructura edilicia. Tan importante como la cadena de seguridad es la unión de esta con el sujeto y con la estructura portante. Cualquier falla en alguno de estos componentes es devastadora para la seguridad del operario e incluso altamente riesgosa para toda la organización y el entorno.

NOTAS:

3- CONCEPTOS Y DEFINICIONES

A continuación se detallan algunos conceptos importantes para la comprensión de este documento, que han sido extraídos de las normas europeas vigentes u otras normativas de organismos de reconocimiento internacional y, en algunos casos, conceptos desarrollados por la Asociación Argentina de Acceso por Cuerdas AATEAC.

Anclaje: Elemento certificado al cual se conecta un dispositivo anticaídas, línea de anclaje o de vida (vertical u horizontal) a un equipo de protección personal o colectivo. (EN 795-A-B-C-D-E).

Punto de anclaje: Elemento de fijación para soporte fiable en cada uno de los tendidos de cuerda (de trabajo y de seguridad). Para ello, incorpora dos o varios puntos de anclaje a los que se conectan un equipo de protección personal (EPP). Cada una de las cuerdas ha de tener su anclaje independiente estructural, metálico o químico. (EN 795A)

Anclaje transportable: Elemento o elementos sujetos a una estructura, al cual o a los cuales es posible sujetar un sistema anticaídas, línea de anclaje o de vida o equipo de protección personal. (EN 795B).

Anclaje terminal: Anclaje situado a cada uno de los extremos de una línea de anclajes o de vida flexible o rígida horizontal, fija o portátil. (EN 795-B-C).

Anclaje intermedio: Anclaje suplementario para el montaje de línea de anclaje o de vida horizontal flexible y que se sitúa entre los anclajes terminales (extremos) dependiendo de la distancia entre ambos y del peso que pueda poseer la cuerda o el cable de acero en su longitud. (EN 795C).

Análisis: Estudio minucioso de un asunto, separando sus partes y estudiándolas independientemente.

Sistema de Anclajes de Seguridad (SAS): Sistema de fuerzas conformado por dos o más anclajes unidos por un elemento que vincula las resistencias individuales en función de una carga de trabajo resultante.

Trabajos en altura: Concepto genérico que se refiere a la ejecución de cualquier actividad laboral a la que se asocia un riesgo específico y concreto: el de “caída desde altura a partir de 2 metros respecto al plano horizontal mas próximo”. Las técnicas y protocolos deben garantizar la seguridad en la retención, sujeción, anticaídas, salvamento y/o acceso por cuerdas de un trabajador en alturas.

Trabajos de acceso por cuerdas: Tipología de los trabajos de altura, en la que el operario se vale de equipo industrial de trabajo en suspensión para acceder a zonas de difícil acceso, utilizando para ello cuerdas y equipos de protección personal y colectivo. “Técnica de empleo de cuerdas, junto a otros dispositivos, para acceso o posicionamiento en un lugar de trabajo y que consta de dos subsistemas de seguridad independientes; uno como línea o cuerda de trabajo y otro como línea o cuerda de seguridad”. (EN 1891, EN 12841, R.D. 2177/2004)

Trabajos verticales (definición española al acceso por cuerdas): “Aquellos trabajos en los que se utiliza un sistema de seguridad industrial o de alpinismo, realizado en fachadas o lugares de difícil acceso, ya sea por su grado de inclinación, altura, complejidad o ahorro en relación a los medios convencionales”.

(Jon Redondo, 2009). Técnicas para trabajar en altura que permite el acceso y posicionamiento a un operario capacitado, mediante el uso de cuerdas homologadas y E.P.I. (EPP) específico.

Trabajo en suspensión: Trabajo en altura. Acción de estar sujetos a una cuerda y sin apoyo firme. Toda tarea laboral que se realice colgando con equipos industriales de trabajo con cuerdas como arneses, dispositivos de regulación en cuerda y cuerdas. El operario no está de pie sino sentado en un arnés.

EPP: Elemento de protección personal.

EPI: Equipo de protección individual (sinónimo EPP).

E.P.I. (Categoría III): Equipo de protección individual. Elementos y dispositivos de seguridad industrial, destinados a la prevención y protección en zona de caídas de un operario. Protegen al operario de lesiones irreversibles mortales o permanentes. Exigen declaración del fabricante, certificación de prototipo, control y testeo de producto, marcado CE y etiqueta U.I.A.A.

EPC: Elementos de protección colectiva.

Cabecera: Lugar de instalación de los anclajes más fiables para los tendidos de cuerda, ubicado en el sector más elevado o superior a las zonas de acceso en suspensión (edificio, estructura vertical, área natural vertical, etc.).

Cadena de seguridad: Conjunto de EPP que conforman el sistema de seguridad en el progreso por cuerdas. Todos sus componentes deben estar vinculados como mínimo a dos puntos en soportes fiables.

Cuerda de trabajo: Tendido de línea vertical que vincula al trabajador con los dispositivos de regulación de cuerda EN 12841 tipo B (Bloqueador de progresión) y tipo C (Descensor).

Cuerda de seguridad: Tendido de línea vertical que vincula al trabajador con los dispositivos de regulación de cuerda EN 12841 tipo A (Bloqueador anti-caídas).

Dispositivo de anclaje: elemento o serie de elementos o componentes que incorporan uno o varios puntos de anclaje. (EN 795).

Factor de caída: Expresa el nivel de gravedad en una caída obtenida por la relación entre la altura de la caída y la longitud de la cuerda (o elemento de amarre) activo, o sea, la cuerda (o elemento de amarre) disponible para absorber la energía de la caída.

KN: Kilo Newton. En física N: *Newton*, unidad de fuerza en el Sistema Internacional de Unidades. El newton se define como la fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de 1 m/s² a un objeto de 1 kg de masa. 1KN = 100 daN = 100 kg/fuerza * 1/9,80665 kgf

Línea de anclaje flexible horizontal: línea flexible situada entre anclajes a la que es posible sujetar un equipo de protección individual. Se conocen generalmente por el nombre comercial de “Líneas de Vida”.

Línea de vida (línea de anclaje): Tendido de cuerda o cable de acero, en vertical u horizontal, que vinculados a 2 o más puntos de anclajes, permiten proteger del riesgo de caída el acceso y desplazamiento de los operarios, en los trabajos de altura. Sistema de prevención contra caídas a distinto nivel mediante arnés anti-caídas, elemento de amarre y bloqueador anticaídas.

Línea vertical Tendido de 2 cuerdas con sistema de anclaje primario en cabecera y de proyección lineal directa que permiten el acceso y posicionamiento a un operario. Instalación realizada con dos cuerdas homologadas, una de trabajo y otra de seguridad que se conectan independientemente, mediante nudos técnicos o terminal preformado, a un sistema de anclaje sólido y resistente.

Nudo: Estrategia con aplicación técnica mediante el uso de cuerdas con el fin de sujetar o amarrar algún objeto o bien para unir o acortar dichas cuerdas. Los nudos deben formar una figura de estructura estable y reversible. Los nudos otorgan pérdida de resistencia a una cuerda.

EN: Euronorma. Norma técnica europea creada por el Comité Europeo de Normalización. La norma EN incluye las especificaciones técnicas de un producto en relación a la seguridad y calidad en las prestaciones.

Polea: Dispositivo para izado o desplazamiento de cargas que sirve para transmitir una fuerza sobre una cuerda o cable transversal a la misma, provisto de una o dos ruedas acanaladas (con o sin rodamientos) para su mejor desplazamiento.

Polipasto: Sistema de poleas, fijas y móviles, recorridas por una cuerda anclada a un punto fijo que realiza un trabajo mecánico para elevar o mover una carga, permitiendo aplicar una fuerza menor al peso de una carga por ventaja mecánica. Aplicaciones: izado de cargas, maniobras de rescate.

Punto de anclaje: Lugar concreto de un anclaje o dispositivo de anclaje al que se sujeta un elemento de protección personal (EPP) contra las caídas de altura. En el caso de los trabajos de acceso por cuerdas, el EPP que se conecta a dicho punto de anclaje es una cuerda con el fin de ejecutar un trabajo en suspensión sobre la citada cuerda o para detener una caída mediante la cuerda de seguridad, incluso, para llevar a cabo el salvamento de personas accidentadas en suspensión.

Rescate / salvamento: Conjunto de técnicas y maniobras que tienen por finalidad la asistencia o el socorro de un operario técnico en situación de emergencia o urgencia, y su objetivo primario es salvaguardar vidas humanas.

Resistencia mínima de ruptura: Cargas seguras de trabajo de normas EN y establecidas en 22KN para la cadena de seguridad según protocolos AATEAC.

Carga mínima de ruptura (CMR): este término será empleado para denominar aquellas fuerzas mínimas a las que un material, dispositivo o componente se destruye, deforma, pierde funcionalidad o resistencia, se empeora o deja de ser útil, al ser sometido a carga.

Carga de trabajo (CT): Es la fuerza máxima generada sobre un material, dispositivo, componente o elemento de la cadena de seguridad durante su empleo normal. La carga de trabajo debe ser siempre inferior a la carga mínima de rotura con un margen de seguridad adecuado.

Factor de seguridad: es la diferencia entre la carga de trabajo y la carga mínima de rotura. Se calcula dividiendo **CT** sobre la **CMR**.

Técnico en acceso por cuerdas (TAC): Persona capacitada y con experiencia adecuada para usar un sistema anticaídas en los trabajos industriales con cuerdas y desempeñar los deberes requeridos de acuerdo con el nivel de responsabilidad normalizado. Existen tres niveles de formación de técnico en acceso por cuerdas.

Tendido de cuerdas: Instalación o montaje de las líneas de cuerdas en anclajes fiables. Sistema anticaídas y de suspensión que permite el acceso y posicionamiento de un operario.

Zonificación: Metodología de identificación de las zonas de trabajo para gestionar la seguridad en sus distintas áreas (gestión de riesgos en la fase de relevamiento y planificación) para evitar la exposición de los trabajadores a los distintos peligros que allí se encuentren. La zonificación se divide en colores verde, amarillo y rojo.

Zona verde: Cualquier área, fuera de la zona de peligro o la zona de acceso. No es necesario uso de E.P.P. contra caídas para transitar.

Zona amarilla: Zona de acceso. Proximidad de exposición a una caída, necesario el uso de E.P.P. contra caídas en el tránsito.

Zona roja: Exposición al vacío, acceso al plano vertical en suspensión de los E.P.P.

Peligro: factor o situación que tenga el potencial de causar un daño personal (lesiones o enfermedades ocupacionales), ambientales, a la propiedad o una combinación de estos.

Riesgo: es la combinación de la probabilidad y consecuencias de la ocurrencia de un evento peligroso determinado.

Riesgo: es una construcción subjetiva a partir del análisis de la materialización de un peligro, teniendo en cuenta la gravedad y la probabilidad de ocurrencia del evento peligroso.

Riesgo percibido: es la percepción individual del riesgo para un peligro particular. Es personal y depende en cada sujeto de sus sistemas personales, sociales y culturales.

Riesgo asumido: nivel de riesgo que un sujeto o una organización están dispuestos a aceptar voluntariamente y con plena conciencia del mismo.

Riesgo residual: nivel de riesgo resultante luego del análisis y la aplicación de medidas de control de riesgos, el riesgo que no puede reducirse.

Gestión: asunción y ejercicio de responsabilidades sobre un proceso. Las actividades necesarias para llevar adelante cualquier actividad. Conducción, elaboración, evaluación, reestructuración.

Gestión del riesgo: proceso compuesto por el análisis del riesgo y la aplicación de medidas de control.

Gestión de la seguridad: proceso de gestión del riesgo y de todas aquellas actividades tendientes a mejorar o mantener la cultura de la seguridad dentro de una organización.

Herramientas de seguridad activas: herramientas que para su funcionamiento dependen de la voluntad de quien las aplique. Un ejemplo de estas herramientas es el doble cabo de amarre o auto-seguro, es el sujeto quien debe voluntariamente utilizarlos para conectarse a las líneas de vida, anclajes o puntos de fijación.

Herramientas de seguridad pasivas: herramientas que para su funcionamiento no dependen de la voluntad de quien las aplica. Un ejemplo de estas herramientas es el anti-pánico de algunos EPI descendores.

Punto de anclaje: elemento al que puede ser sujeto un equipo de protección individual, tras la instalación del dispositivo de anclaje. (EN 795-A-B).

NOTAS:

4. ANCLAJES DE SEGURIDAD (AS):

Los anclajes de seguridad son aquellos puntos fijos (permanentes) o móviles (extraíbles) instalados en la estructura de soporte para aplicar sobre ellos una fuerza determinada, cuya resistencia es superior a la carga de trabajo solicitada, conforme a un margen de seguridad (factor de seguridad) estrictamente establecido.

Para los trabajos de acceso y posicionamiento con cuerdas, las directivas AATEAC de instalación de anclajes y montaje de sistemas y tendidos de cuerdas son las siguientes:

Los AS deben poseer una carga mínima de rotura de 12 KN como mínimo por punto de anclaje, y de esta manera cualquier sistema de anclajes de seguridad, conformados por dos o más AS, para montar líneas de trabajo o seguridad tendrá una resistencia y un factor de seguridad muy por encima de lo establecido por la norma EN 795.

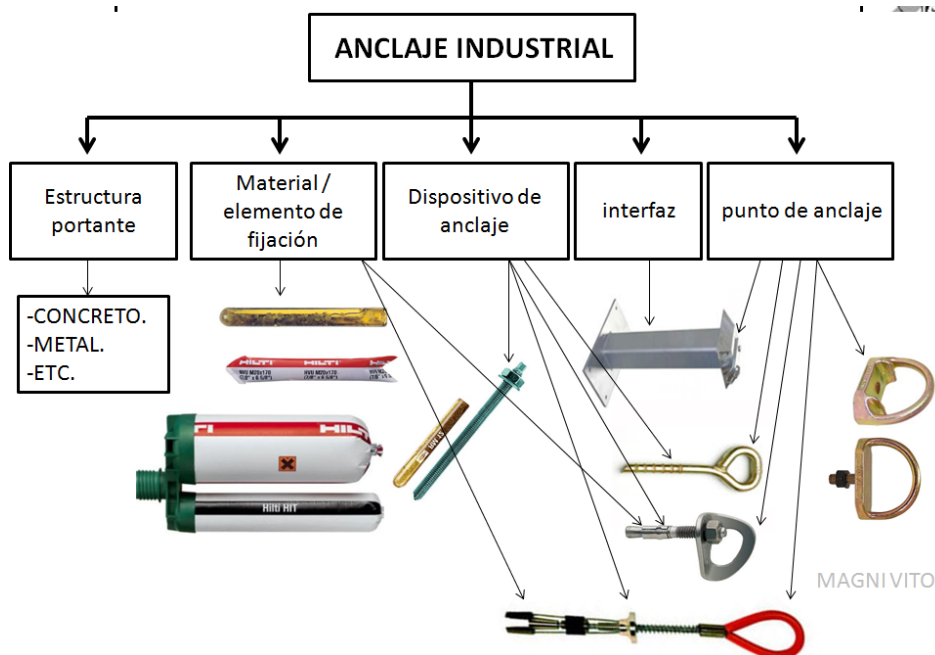
La instalación de anclajes es una tarea delicada que requiere de formación específica y experiencia en la materia. Recordar siempre que “los AS son el primer eslabón de la cadena de seguridad” (D. Delgado), y es por ello que su resistencia debe estar garantizada, ya que si estos fallan, **todo el sistema de seguridad fallará**.

Antes de continuar, aclararemos algunos temas referidos a los AS que suelen generar dudas, sobre todo en los anclajes estructurales, debido a la gran variedad de estos que existen en el mercado. primero, aclararemos qué es un AS y cómo está compuesto.

Los AS son un conjunto de componentes que incluyen un punto de anclaje para conectar un EPP. Están compuestos por:

- Una estructura portante o de recepción: este es el soporte sobre el que se instala el AS. Generalmente se utiliza el hormigón por su resistencia y predictibilidad.
- Material / elemento de fijación: es lo que une el dispositivo de anclaje al soporte. En los AS de fijación química es un adhesivo, en los AS de fijación mecánica puede ser un anillo metálico que se desliza sobre un cono al ajustar el AS y aumenta la presión sobre los bordes del agujero.
- Dispositivo de anclaje: es el elemento del AS que se fija en el interior del soporte, puede ser un perno metálico, varilla roscada u otro elemento.
- Soporte / interfaz: algunos AS poseen un elemento intermedio entre el o los dispositivos de anclaje y el punto de anclaje. Generalmente tienen por objeto el de darle altura o distancia al punto de anclaje. Es muy común en las líneas de anclaje sobre tejados.
- Punto de anclaje: es el dispositivo en el que se conecta el EPP anticaídas o un conector funcional a un sistema de fuerzas (AS). Puede ser un cáncamo o una placa de metal con un ojal o agujero diseñado para alojar un conector.

Algunos AS poseen el elemento de fijación, el dispositivo de anclaje y el punto de anclaje en un solo elemento y otros están conformados por varios elementos. Para aclarar estos conceptos se muestran en el siguiente gráfico:



NOTAS:

¿De qué depende la resistencia de un AS?

La resistencia de los AS está determinada en la mayoría de los AS, por tres factores:

- Resistencia del AS: esta a su vez está determinada por el material del mismo, las características físicas (diámetro, largo, forma, diseño) y la fatiga a la que haya sido sometido en su instalación o usos previos.
- Resistencia del soporte o material base sobre el que se coloca el AS: el soporte sobre el que instalamos el AS es muy importante ya que según sus características nos determinará el tipo de AS a utilizar. De nada sirve utilizar un anclaje, por fuerte que este sea, sobre un soporte inadecuado. Ya que este romperá y nos quedaremos con el fuerte anclaje, intacto, en la mano. Ejemplos de soportes son el hormigón, ladrillo, acero, roca.
- Resistencia de la unión entre el soporte y el AS: un ejemplo de baja resistencia de unión es el del AS de fijación mecánica (tipo parabolt) instalado en ladrillo sólido, ya que la camisa del anclaje desgrana el material al comprimirlo y la unión es deficiente. No ocurre lo mismo si utilizamos un SAS de fijación química en este soporte, ya que estos trabajan por adherencia química y no presionando el soporte mecánicamente.

Otro concepto importante a saber a cerca de los anclajes es que no poseen una única resistencia sino varias y estas dependen del diseño básicamente, aunque también influyen otros factores como el material. Por ejemplo, algunos AS están diseñados para soportar cargas a la tracción, o sea, como si quisiéramos arrancarlo del soporte y es bajo estas condiciones de estrés cuando brindan su máxima prestación. Otros AS en cambio, están diseñados para trabajar al corte, o sea, con cargas perpendiculares al eje mayor del cuerpo del AS, por lo que debido al diseño, material que lo compone y otros factores, su resistencia a fuerzas de cizalladura será superior que su resistencia a fuerzas de tensión (tracción), compresión o rotación.

Por lo dicho en el párrafo precedente, queda claro que los anclajes poseen una determinada resistencia a la tracción, otra diferente al corte (cizalladura), otra a la compresión y otra resistencia a la rotación o torsión. Por lo tanto, a la hora de elegir un anclaje debemos tener en cuenta las fuerzas a las que el mismo será expuesto y buscar el que mejor responda a ese tipo de carga.

Resumiendo, al momento de instalar un anclaje, lo seleccionaremos de acuerdo a ciertos criterios que el encargado de esta tarea (TAC Nivel II) debe tener presente con perfecta claridad. A continuación, se detallan algunos de los más importantes criterios.

Criterios para la selección de anclajes:

- Carga de trabajo, para así cumplir con el factor de seguridad deseado.
- Tipo de carga o esfuerzo que le solicitaremos: esto es el estrés que recibirá el material, o sea, fuerzas de tracción, cizalladura, rotación o compresión o una combinación de alguna de estas.
- Tipo de soporte sobre el que lo colocaremos (concreto, roca, metal, etc.) y características del mismo (espesor, resistencia, provisto de armaduras, etc.). El hormigón es un soporte fiable por su resistencia y predictibilidad, aunque se debería conocerse su dureza y características (C20-

25, C25-30, etc.) y si la zona en la que se aplicará el anclaje está sometida a esfuerzos de tracción (hormigón fisurado) o compresión (hormigón no fisurado).

- Disponibilidad de la instalación (distribución de los AS, distancia entre ejes de AS, distancia a bordes del soporte).
- Durabilidad. En el caso de los anclajes fijos se recomienda colocar aquellos de materiales duraderos como por ejemplo el acero inoxidable A4 para ambientes exteriores o acero cincado de más de cinco micras (>5 micras) para ambientes interiores.
- Factores ambientales como radiación solar (algunos anclajes expuestos al sol alcanzan hasta 80 °C) o agentes altamente corrosivos, en los que se recomienda utilizar aceros con tratamiento HRC (High Corrosion Resistance) o similar.
- Tipo de instalación que se necesite (simple o múltiple).
- Otras consideraciones técnicas como certificación de seguridad en caso de incendio (F30, F60, F90, F120).
- Operatividad. Una vez colocados, no todos los anclajes poseen la misma practicidad para su uso, algunos requieren del uso de un cáncamo, otros del uso de suplementos o elementos difíciles de utilizar.
- Eficiencia y eficacia en su instalación.
- Economía y disponibilidad.

4.1. TIPOS DE ANCLAJES DE SEGURIDAD:

En el ámbito de los trabajos de acceso por cuerdas existen diferentes tipos de anclajes que el TAC Nivel II deberá evaluar para su instalación, dependiendo de los criterios de selección de SAS expuestos anteriormente. Cada tipo de anclaje posee características específicas, un modo de colocación particular y otra información importante que deben ser extraídas del DITE (Documento de Idoneidad Técnica Europea) del SAS. Entre los tipos más comunes se encuentran: 1- Anclajes provisionales transportables; 2- Anclajes móviles portátiles; 3- Anclajes metálicos previstos en la estructura; 4- Anclajes metálicos de fijación química; y 5- Anclajes metálicos de fijación mecánica. A su vez, estos cinco tipos de anclajes generales poseen sus sub-variedades, algunas detallaremos a continuación:

4.1.1. Anclajes transportables:

Son aquellos anclajes o dispositivos provistos de un punto de anclaje donde conectar un EPP contra caída de altura y se puede quitar al finalizar su utilización. Generalmente no necesitan un anclaje estructural para ser fijado a la estructura de soporte. Cumplen con la normativa UNE-EN 795:1997 (anclajes clase B) y EN 795:2012 (anclajes tipo B).

4.1.1.1. Anillos de anclaje. Anillos de cinta (cocido o anudado) o eslinga de cuerda o cable de acero rodeando algún componente de la estructura.



4.1.1.2. Anclaje parcial móvil para fijar en perfiles metálicos: son anclajes que deben utilizarse siempre de a dos para trabajos en suspensión salvo recomendación del fabricante y sirven para desplazarse por perfiles tipo I, T o H (perfiles tipo IPE, HEB, etc.). Existen con o sin ruedas. Pueden encuadrarse en las normativas UNE-EN 795:1997 (anclajes clase B, provisionales transportables) y EN 795:2012 (anclajes tipo D, dispositivo de anclaje sobre línea de anclaje rígida horizontal).



4.1.1.3. Anclajes de puertas:



4.1.1.4. Anclaje metálico auto-expansible portátil:

Estos anclajes se colocan en agujeros de una métrica específica en hormigón compacto no fisurado. Su buen funcionamiento y resistencia dependen en gran medida de la calidad del material en el que está hecho el agujero.



4.1.1.5. Trípodes y horcas:

Los trípodes y horcas pueden ser utilizados como anclajes para montar un tendido de cuerdas o una línea vertical generando a su vez un despeje o altura del SAS o cabecera superior al nivel del suelo o base. Generalmente se utilizan para accesos a espacios confinados como fosas, grandes huecos o túneles verticales. Si bien pueden utilizarse como desviadores de cuerdas, este uso como anclaje es el más habitual. Si los trípodes u horcas son transportables están enmarcados dentro de la UNE-EN 795:1997 (anclajes clase B) y EN 795:2012 (anclajes tipo B).



4.1.1.6. Anclajes de contra-peso o peso muerto:

Son dispositivos conformados por elementos de un peso (generalmente superior a 400 kg) que se coloca sobre una superficie suficientemente resistente y rugosa (coeficiente de fricción) con el fin de que posea la capacidad de funcionar como dispositivo de anclaje para conectar un EPP.

Los anclajes de contrapeso sirven solamente para trabajos de altura de retención en los que la pendiente de la superficie no supera los 5°. Nunca deben utilizarse para tareas en suspensión salvo aquellos que poseen certificación y recomendación del fabricante para tal uso. Existen variados modelos diseñados como dispositivos de anclaje anti-caída UNE-EN 795:1997 (anclajes clase E) y EN 795:2012, como anclajes tipo E (si no son transportables) o tipo B, si es que son transportables, y para ello deben separarse en partes que no superen en peso los 25 kg.



4.1.3. Anclajes Estructurales:

Elementos que se fijan a la estructura y poseen un punto de anclaje para conectar un EPI o un conector. Entre el dispositivo de anclaje y el punto de anclaje puede haber un elemento intermedio con diversas funciones que en este documento llamaremos “interfaz”.

Los anclajes estructurales se rigen por las directrices de la EOTA (European Organisation for Technical Approval). Su correcta instalación, campo de aplicación y especificaciones de calidad y diseño se encuentran en el documento que certifica sus características: DITE (Documento de Idoneidad Técnica Europeo).

Dentro de la clasificación de anclajes estructurales existen dos grandes categorías: los AS estructurales pasivos y los activos. Los primeros son aquellos AS que para su instalación se colocan en el soporte en el momento de su conformación, como los anclajes de espera que se colocan en las zapatas de hormigón y

una vez que esta fragua se puede utilizar el AS. En este documento trataremos los AS activos únicamente debido a que su utilización es mucho más común en los trabajos de acceso por cuerdas.

A continuación, se detallan algunos AS estructurales, del tipo activo, que pueden ser utilizados por los trabajadores verticales con diferentes finalidades, como por ejemplo la instalación y montaje de una cabecera para el tendido de cuerdas vertical o línea de anclaje flexible horizontal, comúnmente llamadas líneas de vida.

4.1.2.1. Anclajes previstos en la estructura:

Estos anclajes están previstos en el diseño de la estructura para futuras intervenciones. Generalmente son barandas, postes, grandes cáncamos o platinas con ojales o argollas, calculados con un factor de seguridad adecuado, al que se puede vincular un conector o equipo de protección individual. Es común ver anclajes de este tipo que cumplen con una serie de requisitos para ser llamados además “SAS Único”, estos son aquellos anclajes que debido a su resistencia pueden ser utilizados para vincular directamente el tendido de cuerdas, sin la necesidad de vincular varios AS formando un sistema de anclajes industrial (SAS).

4.1.4. Anclajes metálicos de fijación química (AMQ):

Los AMQ son por lo general dispositivos de anclaje diseñados para trabajar por adherencia sobre el soporte o material de base en el que se aplique. Para ello utilizan un compuesto químico como las resinas sintéticas de vinylester más un catalizador para que comiencen a fraguar. Su colocación posee una serie de pasos más o menos estándar que se debe respetar según la indicación del fabricante.

La mayor ventaja que posee este tipo de AS es que no generan tensiones sobre el soporte mientras no se utilizan y al no generar presión de expansión como los AS de fijación mecánica, se pueden colocar más cerca unos de otros o de los bordes del soporte. En general poseen muy buena resistencia a la temperatura y agentes químicos, a la vez que son versátiles para una amplia variedad de soportes.

La mayoría de los AMQ están fabricados para que puedan utilizarse en agujeros con agua, simplemente hay que duplicar el tiempo de fraguado en la mayoría de los modelos (siempre ver especificación y detalle del fabricante). Y siempre que se pueda se debe elegir aquellos químicos que en sus compuestos no posean estireno, ya que se han demostrado sus efectos contraproducentes para el medio ambiente y la salud de los operarios.

La mayor desventaja es la poca practicidad que poseen a la hora de colocarlos y el tiempo de fraguado que debe ser respetado antes de poder utilizarlos. Además, en las zonas muy frías los tiempos de fraguado aumentan considerablemente.

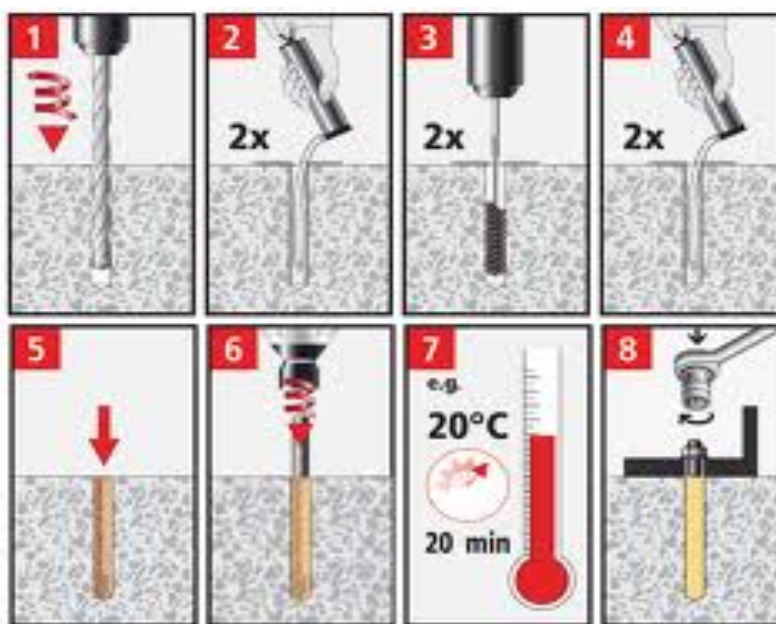
4.1.4.1. AMQ, con ampollas líquidas:

Estos anclajes son muy conocidos ya que se fabrican desde hace ya muchos años, generalmente se presentan en forma de ampolla de vidrio rellena con dos componentes que, una vez mezclados,

reaccionan químicamente formando el mortero. Estos componentes generalmente son una resina sintética y un catalizador (endurecedor) que suele estar protegido a su vez dentro de otra ampolla dentro de la primera.

Una vez colocada la ampolla en el agujero limpio, se introduce una varilla roscada que posee en la parte inferior (el extremo que se introduce) un corte en forma de "V" para romper fácilmente el vidrio, mezclar los componentes y una vez endurecido el mortero evita que la varilla se gire. En el otro extremo de la varilla, esta posee una cabeza hexagonal que permite tomarla con un tubo y el atornillador eléctrico a altas revoluciones. Sólo deben introducirse con una máquina atornilladora, y no a golpes de martillo, para que se garantice el correcto mezclado de los componentes, a excepción de algunos modelos diseñados especialmente para ser colocados a golpes y el fabricante garantiza el mezclado de esta manera.

Algunas de las desventajas más importantes de este tipo de AMQ es su delicado transporte ya que las ampollas son de vidrio y pueden romperse, afectando a otros materiales o equipos. Otro inconveniente es que requieren del uso de un atornillador eléctrico para su instalación, esto hace que el instalador lleve otra herramienta y peso adicional.



4.1.4.2. AMQ, con resina epoxi:

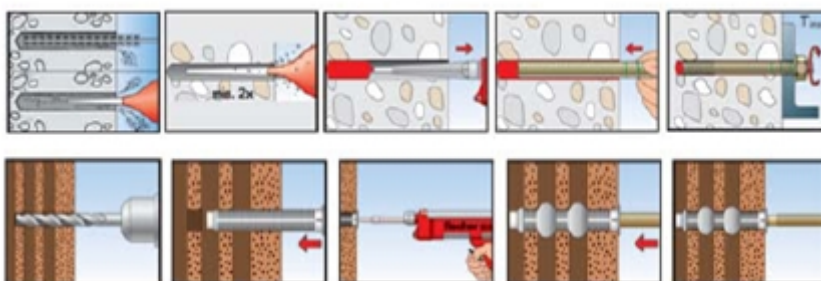
Este tipo de adhesivo, tolera muy bien los esfuerzos a la tracción debido a que su poder adherente, incluso con anclajes de acero inoxidable totalmente lisos, es muy superior a otras resinas adhesivas. Por este motivo es uno de los mejores para combinar con dispositivos de anclajes que no poseen rosca y su coeficiente de fricción es bajo.

Su mayor desventaja es la presentación del producto, ya que sólo algunas marcas lo comercializan con cartuchos para aplicador simple.



4.1.4.3. AMQ, con Resinas de poliéster:

Estas resinas son muy recomendadas para materiales huecos como los ladrillos huecos o los bloques de hormigón. Generalmente no poseen tanta adherencia como las resinas epoxi y su longevidad también es inferior.

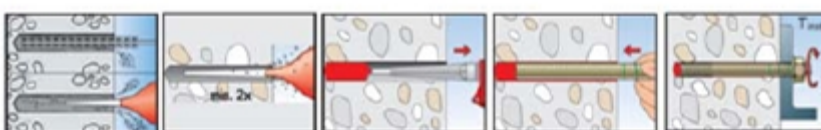


Cuando se instalan AMQ en ladrillos huecos, estos se vinculan al soporte por forma y ya no lo hacen como en otros soportes en su totalidad por adherencia. Este tipo de unión al material base tampoco genera tensiones mientras no se estén utilizando.

4.1.4.4. AMQ, con resinas epoxi-acrílicas:

Este tipo de resinas, si bien son muy costosas, son también las más prácticas ya que casi todas las marcas lo comercializan en envase para pistola de inyección y vienen provistos de boquillas mezcladoras, lo que garantiza el mezclado adecuado. El inconveniente que presentan generalmente es el rápido secado, sobre todo cuando hay que colocar múltiples anclajes, ya que endurecen en menos de cinco minutos algunos, y es necesario cambiar la boquilla mezcladores luego de este tiempo.

Las marcas más vendidas en Argentina de este tipo son Hilti, Fixe, Sika y Fisher. Los más utilizados son compuestos de resina sintética de vinylester con arena de cuarzo y un catalizador (endurecedor) que se inyectan a través de una boquilla mezcladora en la que se produce la reacción del mortero químico.



4.1.5. Anclajes metálicos de fijación mecánica (AMM):

Los SAS de fijación mecánica son a la vez el elemento de sujeción (dispositivo de anclaje) al que se le solicitará un esfuerzo y a la vez el elemento de fijación o vinculación con el soporte o estructura. Algunos incluso poseen también el punto de anclaje. Esto hace, a diferencia de los SAS de fijación química que poseen un perno metálico y además un material de fijación (adhesivo químico), que sean más prácticos y económicos.

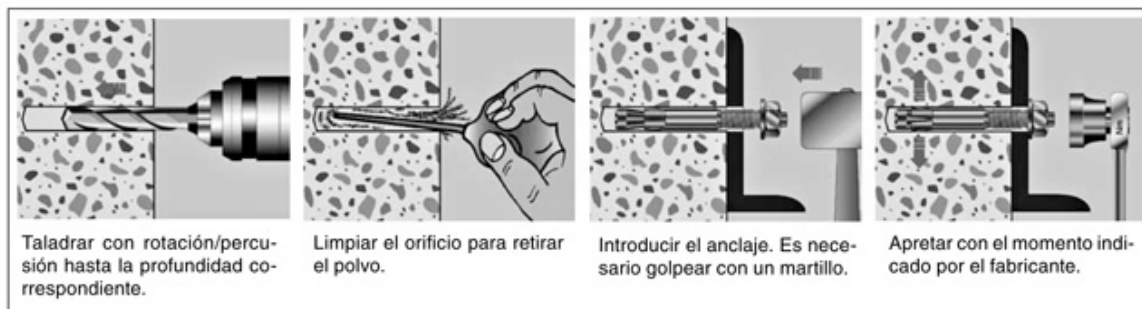
Existe una gran variedad de AMM en el mercado, y aunque muchos poseen resistencias adecuadas, debemos ser cuidadosos al elegir cuál emplear ya que algunos poseen resistencias muy por debajo de los márgenes de seguridad.

4.1.5.1. AMM, por desplazamiento de camisa o anillo:

Este tipo de anclajes son los más utilizados dentro del grupo de anclajes de fijación mecánica para los trabajos verticales y rescates. El operario técnico debe elegir aquellos que posean cargas mínimas de rotura (CMR) superiores a 18KN. Estos anclajes se utilizan en hormigón no fisurado. Su resistencia es muy buena pero dependen también de la calidad del soporte, generalmente hormigón, sobre todo cuando las fuerzas aplican a la tracción, ya que en ciertos casos suelen salirse. Para los trabajos verticales y rescates se recomiendan por su seguridad y fácil colocación. Siempre usar a partir de la métrica 10 y de un largo igual o superior a 90cm.

A estos dispositivos de anclaje, conocidos como parabolt, se los debe ajustar utilizando un torquímetro para darle el par de apriete especificado en el DITE (Documento de Idoneidad Técnica Europeo) del anclaje, y se les debe colocar un punto de anclaje tipo placa de metal provista de un agujero en el que se conectará un EPI, para disminuir el momento de flexión (brazo de palanca). No es necesario calcular el largo del agujero ya que no utiliza el fondo para su expansión.

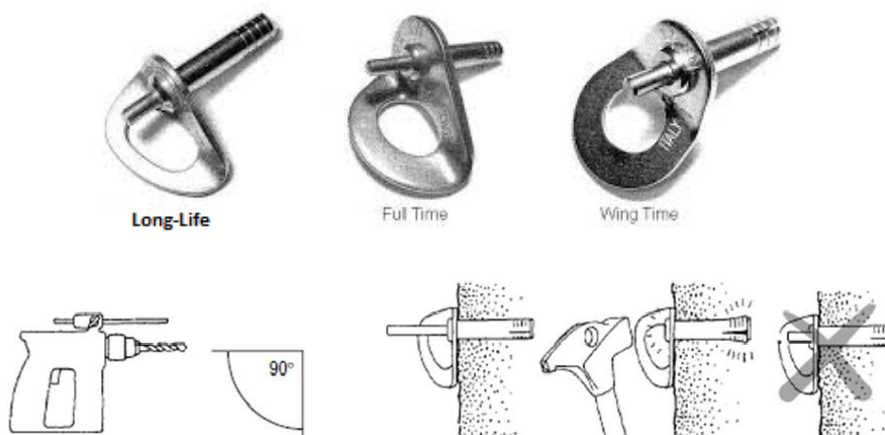




4.1.5.2. AMM, fijados por golpe de varilla expansora:

La gran mayoría de estos anclajes están recomendados sólo para usos auxiliares debido a que su resistencia al corte, rotación y a la tracción es relativamente baja. Pueden utilizarse para realizar desviadores que no ejerzan demasiada fuerza (ejemplo: menos de 1 KN), a excepción de una línea de anclajes profesionales certificados (EOTA) que además vienen provistos de un punto de anclaje. El nombre comercial más común es el long-life de la marca Petzl, aunque los comercializan otras marcas también.

La mayor ventaja que poseen estos tipos de AS es su practicidad, ya que no es necesario ajustarlos con un torquímetro ni una llave común siquiera, sólo basta con limpiar bien el agujero, se colocan dentro y se martilla el perno. No es necesario calcular el largo del agujero ya que no utiliza el fondo para su expansión y además son inviolables. La mayor desventaja es su precio y la imposibilidad de cambiar el punto de anclaje.



4.1.5.3. AMM de expansión a golpe con expansor interno, tipo IM, broca o spit:

Este tipo de anclajes no debe utilizarse nunca en los trabajos verticales ni en rescates ya que no cumplen con los estándares de seguridad necesarios y además poseen muchas posibilidades de mala colocación, su expansión depende del fondo del agujero y su estado, no son visibles todas sus muestras de mala colocación, su longitud es inadecuada, su longevidad es muy corta y sus prestaciones (CMR) de la

métrica 8 (la más utilizada) es insuficiente. Por lo tanto no deben utilizarse siquiera auxiliariamente por baja que sea la carga. Prohibido su uso en trabajos verticales y rescate.



4.1.5.4. AMM, para grandes cargas:

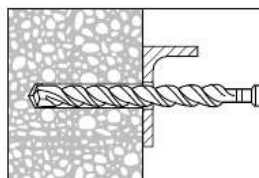
Estos AS están diseñados para soportar grandes cargas a la tracción, al corte (cizalladura) o combinadas. Casi todos los modelos poseen doble casquillo de expansión que proporciona una distribución óptima de tensiones en la zona de expansión. Así se evita una concentración en dichas zonas, y se consigue una mayor proximidad en los bordes del elemento de hormigón sin peligro de fractura. Algunos poseen unas incisiones en forma de media luna (optimizadas por ordenador) que garantizan el total aprovechamiento del par de apriete aplicado, incluso cuando existen espacios huecos entre la pletina y la superficie de hormigón. De esta manera se permite el acortamiento del casquillo sin esfuerzo, en la medida que haga falta para garantizar el perfecto funcionamiento y fiabilidad de este anclaje. Este sistema ha conseguido la marca CE que otorga la EOTA (European Organization for Technical Approvals) que es la única normativa europea imprescindible para elementos de fijación con responsabilidad estructural. Algunos ejemplos son el HHSL 3 de Hilti para concreto fisurado o el anclaje de alta resistencia FH de Fisher.

Mechanical Anchoring Systems

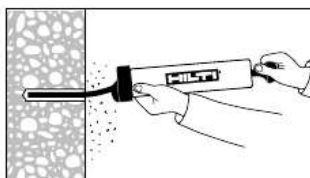


4.3.2 HSL-3 Heavy Duty Sleeve Anchor

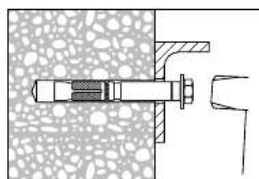
4.3.2.4 HSL-3 Installation Instructions



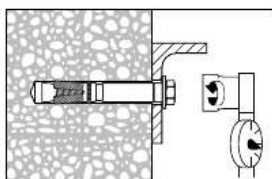
1. Using the correct diameter metric bit, drill hole to minimum required hole depth or deeper.



2. Remove drilling debris with a blowout bulb or with compressed air.



3. Using a hammer, tap the anchor through the part being fastened into the drilled hole until the washer is in contact with the fastened part. Do not expand anchor by hand prior to installation.



4. Using a torque wrench, apply the specified installation torque. HSL-3-B does not require use of a torque wrench. Tighten until torque cap shears off.

4.3.2.5 Ordering Information



Item No.	Description	Box Qty
371775	HSL-3 M 8/20	40
371776	HSL-3 M 8/40	40
371778	HSL-3 M 10/20	20
371779	HSL-3 M 10/40	20
371781	HSL-3 M 12/25	20
371782	HSL-3 M 12/50	20
371784	HSL-3 M 16/25	10
371785	HSL-3 M 16/50	10
371787	HSL-3 M 20/30	6
371788	HSL-3 M 20/60	6
371790	HSL-3 M 24/30	4
371791	HSL-3 M 24/60	4



Item No.	Description	Box Qty
371807	HSL-3-B M 12/5	20
371808	HSL-3-B M 12/25	20
371809	HSL-3-B M 12/50	10
371810	HSL-3-B M 16/10	10
371811	HSL-3-B M 16/25	10
371814	HSL-3-B M 20/30	6
371817	HSL-3-B M 24/30	4



Item No.	Description	Box Qty
371793	HSL-3-G M 8/20	40
371796	HSL-3-G M 10/20	20
371799	HSL-3-G M 12/25	20
371802	HSL-3-G M 12/50	10
371805	HSL-3-G M 16/25	10
371808	HSL-3-G M 16/50	10
371805	HSL-3-G M 20/30	6
371806	HSL-3-G M 20/60	6

206 Hilti, Inc. (US) 1-800-870-8000 | www.us.hilti.com | en español 1-800-870-5000 | Hilti (Canada) Corp. 1-800-363-4468 | www.ca.hilti.com | Product Technical Guide 2006

4.1.6. Consideraciones técnicas de los anclajes estructurales:

Los AS estructurales están hechos de diferentes materiales a pesar de que su aspecto sea similar. Los AS pueden ser de acero dulce, aceros de baja aleación o de acero inoxidable. Los primeros son de la clásica aleación de hierro con carbono hasta en un 2%. Los tornillos y AS de este acero poseen propiedades mecánicas medianas y son muy propensos a la oxidación.

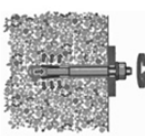
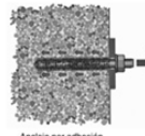
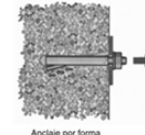
Los AS de aceros de baja aleación son aquellos que poseen escaso contenido de carbono y se les añade uno o varios elementos (cobre, níquel, cromo, etc.) en menos del 1%. Poseen mejores resistencias mecánicas (tracción, compresión, torsión y cizalladura) y una natural protección frente a la corrosión.

Los de acero inoxidable son de una aleación de acero, cromo y níquel por lo que poseen una altísima resistencia a la corrosión y muy buenos niveles de resistencias mecánicas.

4.1.6.1. Clasificación según principios de funcionamiento.

Los AS estructurales (ASE) se clasifican según su principio de funcionamiento ya que de éste depende también su resistencia y su método de diseño para la instalación. Según este criterio, los AS pueden ser:

- ASE fijado por expansión: el anclaje se introduce en el orificio y se expande por acciones mecánicas ejerciendo fuertes presiones laterales sobre el soporte fijándose por fricción al mismo. El ejemplo más común es algún tipo de AMM.
- ASE fijado por adhesión: el orificio se rellena con una sustancia química que luego solidifica uniendo el dispositivo de anclaje al soporte. Por ejemplo, AMQ.
- ASE fijado por forma: el anclaje se introduce en el orificio, y luego modifica su forma bloqueando su salida. Por ejemplo, AS por forma, tornillo para hormigón o AMQ en ladrillos huecos.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
 Anclaje por expansión	▪ RÁPIDA APLICACIÓN. ▪ SE PUEDE APLICAR CARGA INMEDIATAMENTE. ▪ ECONÓMICOS.	▪ CREA TENSIONES INTERNAS EN EL SOPORTE. ▪ LA TENSION EN EL SOPORTE IMPLICA MAYOR DISTANCIA ENTRE ANCLAJES Y A BORDES.
 Anclaje por adhesión	▪ NO PROVOCA TENSIONES EN EL SOPORTE. ▪ PERMITE DISTANCIAS REDUCIDAS ENTRE ANCLAJES Y A BORDES. ▪ MAYOR CAPACIDAD DE CARGA. ▪ VÁLIDO PARA GRAN CANTIDAD DE TIPOS DE SOPORTES.	▪ SE DEBE ESPERAR EL TIEMPO DE FRAGUADO PARA APLICAR CARGA. ▪ EL TIEMPO DE FRAGUADO DEPENDE DE LA TEMPERATURA. ▪ DIFÍCIL COLOCAR EN TECHOS. ▪ POCA PRACTICIDAD.
 Anclaje por forma	▪ NO POSEE PRESIONES LATERALES EN EL SOPORTE. ▪ PERMITE DISTANCIAS REDUCIDAS ENTRE ANCLAJES Y AL BORDE.	▪ NO SON COMUNES EN EL MERCADO MODELOS CERTIFICADOS QUE SOPORTEN GRANDES CARGAS.

4.1.6.2. Instalación.

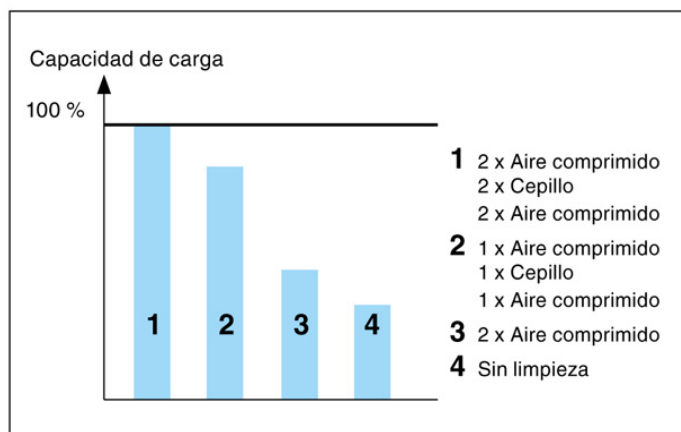
La instalación de AS estructurales conlleva una serie de fases necesarias para garantizar su fiabilidad y seguridad. Estos datos están especificados en el DITE (Documento de Idoneidad Técnica Europeo) de cada AS.

Algunos de los aspectos a considerar son:

- Soporte: tipo y estado del material base. Si es hormigón saber si es fisurado o no y es de gran importancia conocer si posee armaduras.
- Dimensiones reales.
- Selección correcta del AS. Material, carga, fijación, etc.
- Agujeros: diámetros y distancias entre estos y entre estos y los bordes.
- Extracción del polvo y escombros del agujero.
- Respetar el par de apriete (DITE).

- Determinar la necesidad de ensayar la instalación (EN 795).
- Realizar un protocolo de instalación y conservar la documentación al menos cinco años.

La capacidad de carga del dispositivo de anclaje depende también del grado de limpieza del agujero:



4.1.6.3. Métodos de diseño.

Según lo especifica la NTP 893, el método de cálculo y diseño de los anclajes está especificado en los anexos de la ETAG (Guía de homologaciones técnicas europeas): ETAG 001 Anclajes metálicos o químicos en hormigón. Anexo C: Método de diseño.

Dentro del anexo C, se distinguen los métodos de cálculo A, B y C. El cálculo según el método A es el más idóneo y completo, se contemplan todos los modos de fallo posibles así como la distancia entre anclajes y al borde del soporte. Los métodos B y C son menos exhaustivos.

Siguiendo el método de diseño del anexo C, el método de cálculo A evalúa cada uno de los modos de rotura, obteniendo un valor β_N por cada uno de ellos, siendo β la relación entre carga de cálculo y resistencia de cálculo, β_N para las cargas a tracción y β_V para cargas al corte. Si $\beta < 1$, la carga de cálculo no supera la resistencia.

Para cargas a tracción, β_N debe ser inferior a 1 en todos sus modos de rotura: $\beta_N \leq 1$.

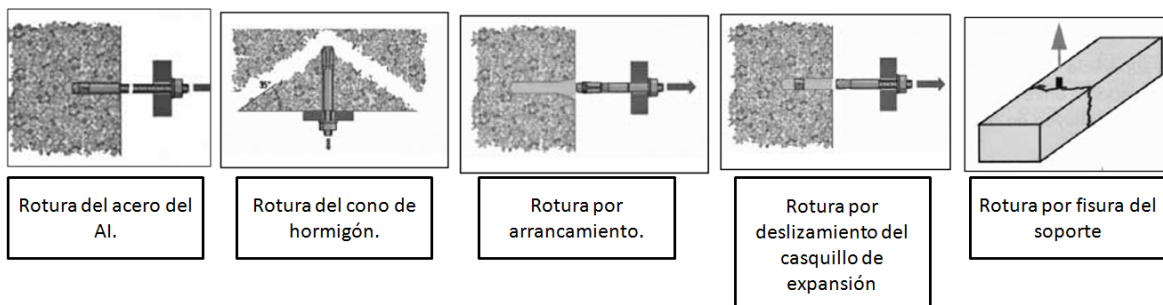
Para cargas al corte, β_V debe ser inferior a 1 en todos sus modos de rotura: $\beta_V \leq 1$.

En cargas combinadas, se tomará entre todos los modos de rotura el mayor valor β_N y β_V . Su suma debe ser inferior a 1,2: $\beta_N + \beta_V \leq 1,2$.

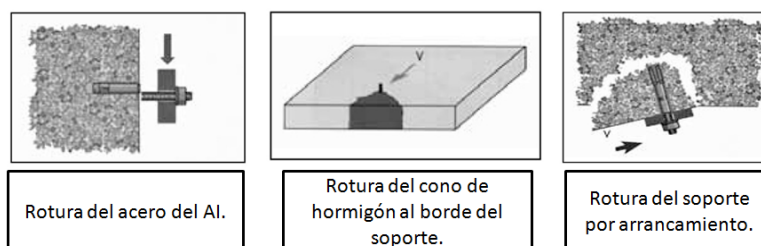
4.1.6.4. Fallo de los AS estructurales:

Los ASE presentan diferentes formas de fallo de acuerdo al tipo de carga que se les solicite.

Fallo por cargas a tracción:



Roturas por cargas al corte:



4.1.6.5. Capacidad de carga:

La capacidad de carga de un ASE o de un sistema de AS (SAS) está determinada por diversas variables, las más comunes son:

- El soporte: tipo de soporte (hormigón, mampostería, estructura metálica), su espesor, forma y características.
- Dimensionado del dispositivo de anclaje: distancia entre ejes de los ASE y distancia entre ASE y bordes del soporte.
- Tipo de instalación: instalación simple o múltiple.

La ficha técnica o DITE del anclaje indica la capacidad de carga diferenciando los tipos de carga:

- . Capacidad de carga a tracción N.
- . Capacidad de carga al corte V.
- . Momento flector permisible.
- . Capacidad de carga tras ensayo de fuego (si tiene ensayo).

Todos los datos de capacidad de carga están condicionados por el dimensionado y tipo de instalación. En el DITE del AS debería encontrarse la siguiente información:

- . Tipo de material base de soporte donde se ha ensayado: hormigón C20/25 no fisurado.
- . Tipo de instalación: anclajes Aislados sin influencia de bordes de hormigón.
- . Temperatura máx. durante aplicación y post-aplicación a corto plazo.
- . Condiciones de dimensionado para cargas a tracción o corte:

Para $M \geq 10$: Distancia al borde (c) debe ser mayor o igual que 1,5 veces la profundidad efectiva de anclaje (h_{ef})

Para $M \geq 10$: Distancia entre ejes de ASE (s) debe ser mayor o igual que 3 veces la profundidad efectiva de anclaje (h_{ef})

Según los resultados experimentales, el cono de rotura del hormigón forma un ángulo aproximado de 35° con la superficie del hormigón. El diámetro del cono de la rotura es, por tanto, aproximadamente tres veces la profundidad de inserción. El espaciado crítico obtenido entre anclajes estructurales es de $s = 3h_{ef}$, más allá del cual los conos de rotura de los anclajes próximos no se cruzan y los anclajes no se afectan entre sí. Si el espaciado de las fijaciones es menor que esta cantidad, los conos de hormigón de las fijaciones próximas pueden cruzarse lo que debilita el soporte.

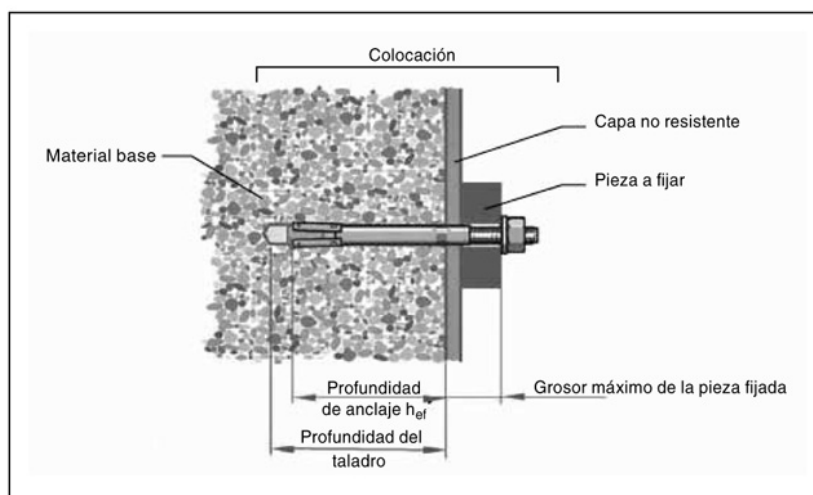
Cuando un anclaje estructural está ubicado cerca del borde del material base, a una distancia menor que la distancia crítica del borde $C = 1,5 h_{ef}$ el soporte se ve debilitado notablemente.

Para aquellos diseños del dispositivo de anclaje que no se adapten a las indicaciones de instalación de la ficha técnica o DITE del anclaje, existen programas de cálculo de anclajes desarrollados por los fabricantes.

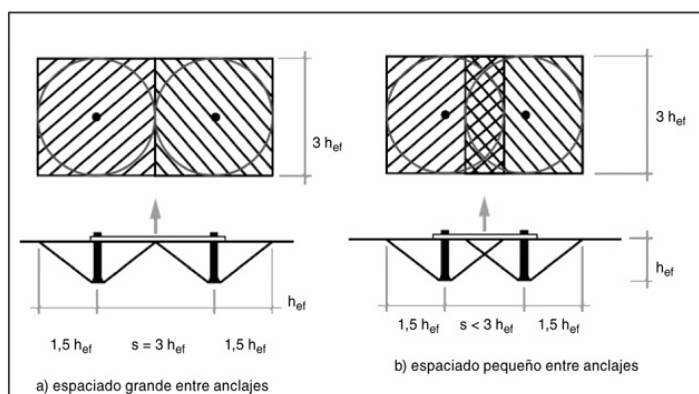
Habitualmente se realiza el cálculo según ETAG001 Anexo C método A y se elabora un detallado informe de cálculo. También proporcionan información adicional referente a los casos de aplicación, los productos, así como información técnica general referente a la evaluación, el cálculo y la planificación desde la perspectiva de la ingeniería.

A continuación se muestran algunas imágenes extraídas de la NTP 893, del Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España:

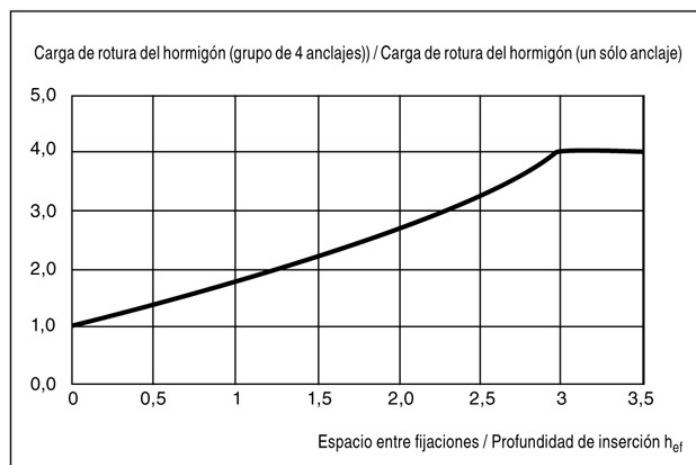
Características de la instalación:



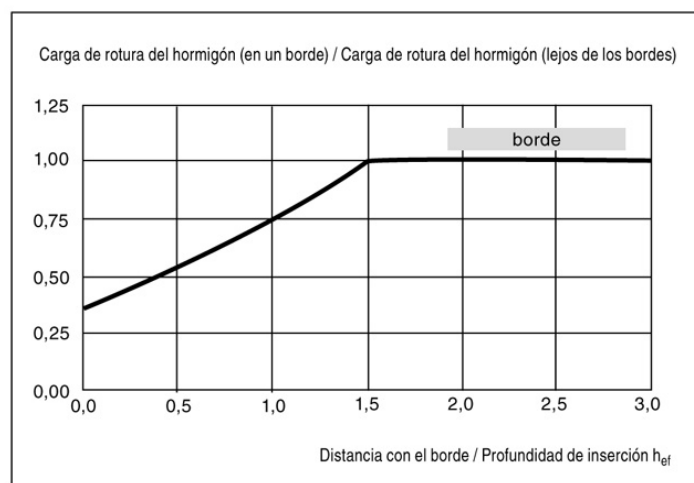
Distancia mínima entre anclajes de seguridad estructurales:



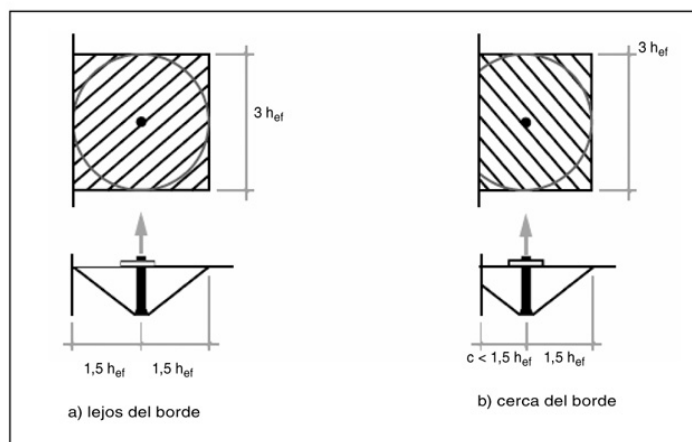
Gráfica de carga de rotura por distancia entre anclajes de seguridad:



Gráfica de carga de rotura por distancia al borde:



Distancia mínima al borde del material base:



4.1.6.6. Recomendaciones finales.

Los técnicos AATEAC deben utilizar ASE con certificación DITE y al diseñar la instalación se deben seguir las recomendaciones del fabricante y tener en cuenta los datos técnicos del producto. Y finalmente debería ser supervisada por un profesional competente.

Todos los componentes del AS metálicos deben ser de la misma clase, para evitar el grave problema de corrosión electrolítica.

Al momento de realizar una instalación de ASE operario técnico debe asegurarse de que se cumplan las condiciones mínimas de seguridad y de poseer los EPI y EPC adecuados para su debida protección como así también todos los elementos necesarios para la colocación de los ASE. A continuación se muestran a modo anecdótico algunos elementos necesarios para la instalación de anclajes:



Casco, protector facial y auditivo, protección ocular, guantes y ropa de trabajo.



Rotopercutor, soplador o bomba de ASre a presión y cepillos para limpiar.



Aplicadores de químicos, atornillador eléctrico para introducir varillas roscadas a alta velocidad y romper ampollas químicas (fundamental para garantizar el mezclado), y martillo para AMM.



Torquímetros para ajuste de tuercas en AMM y AMQ.

[illegible]

5. SISTEMA DE ANCLAJES DE SEGURIDAD (SAS):

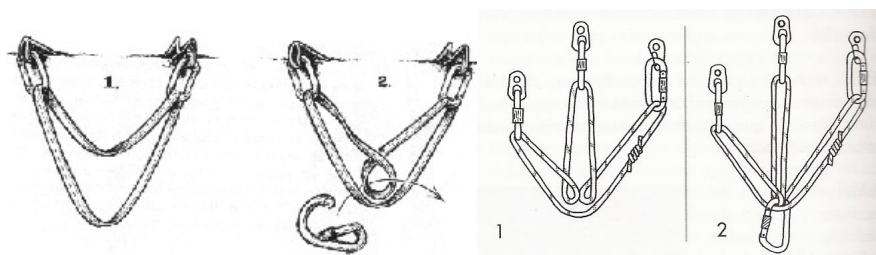
Sistema conformado por dos o más anclajes en la estructura edilicia, y vinculados entre sí por un elemento que utiliza las resistencias individuales en función de una carga de trabajo resultante. Existe una gran variedad de SAS, que el TAC Nivel II debe elegir conforme a la tarea, el material del soporte, los anclajes utilizados y el material técnico disponible, y así determinar qué tipo de SAS empleará para cada tendido vertical o línea de anclaje en particular.

Básicamente existen tres grandes grupos de SAS (móviles, semi-móviles y fijos), que a su vez se dividen en subgrupos. Estos son:

5.1. SISTEMA DE ANCLAJES DE SEGURIDAD MÓVIL (SASM):

Estos sistemas son muy conocidos y utilizados en el ambiente de los rescates técnicos en montaña e industria. Este tipo de SAS está recomendado para utilizar con dos o más anclajes cuya carga mínima de rotura sea superior a 18KN, como anclajes metálicos de fijación mecánica de métrica 10 en adelante sobre hormigón no fisurado, anclajes metálicos de fijación química de métrica 10 en adelante o anclajes móviles portátiles de alta resistencia y certificados.

Su característica principal es que al aplicar una carga sobre el punto principal del SAS los anclajes reciben aproximadamente la misma carga, es por este motivo que sólo debe utilizarse cuando todos los anclajes sean de similar capacidad. Su mayor ventaja es la multi-direccionalidad, o sea, la dirección en la que se aplica la fuerza puede variar y la repartición de cargas sobre los anclajes se continúa con relativa similitud y además es fácil y rápido de realizar. Su desventaja principal es que en el caso de fallar el elemento que vincula los anclajes, generalmente una cinta cocida, el sistema se deshace. Y si fallara uno de los anclajes, se produciría un choque muy peligroso sobre el resto de los anclajes.



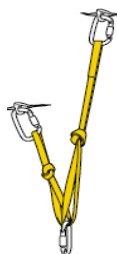
5.2. SISTEMA DE ANCLAJES DE SEGURIDAD SEMI-MÓVIL (SASSM):

Este tipo de SAS está recomendado para utilizar con dos o más anclajes cuya carga mínima de rotura sea superior a 18KN, como anclajes metálicos de fijación mecánica de métrica 10 en adelante sobre hormigón no fisurado, anclajes metálicos de fijación química de métrica 10 en adelante o anclajes móviles provisionales de alta resistencia y con certificación.

Su característica principal es que al aplicar una carga sobre el punto principal del SAS se genera un efecto polea, o sea, reparten con relativa igualdad la carga sobre los anclajes. Poseen además una direccionalidad limitada pero que generalmente es más que suficiente para los trabajos de acceso por

cuerdas y son fáciles y rápidos de realizar. Y en el caso de fallar uno de los anclajes, se produce un choque pero muy reducido sobre el resto de los anclajes.

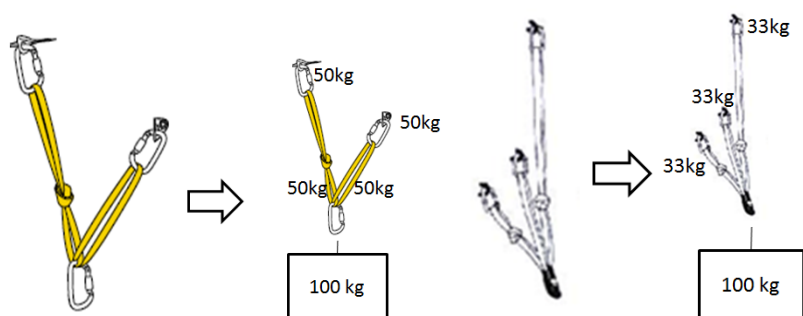
5.2.1. Equalette clásico a dos puntos:



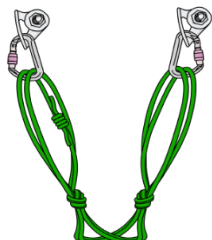
5.2.2. Equalletes combinados a tres o cuatro puntos:



5.2.3. sistemas semi-móviles a dos y tres puntos:



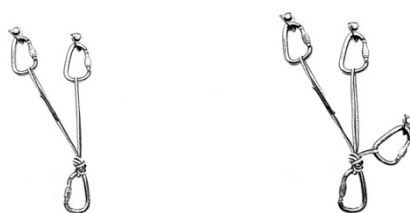
5.2.4. Quad:



5.3. SISTEMA DE ANCLAJES DE SEGURIDAD FIJO (SASF):

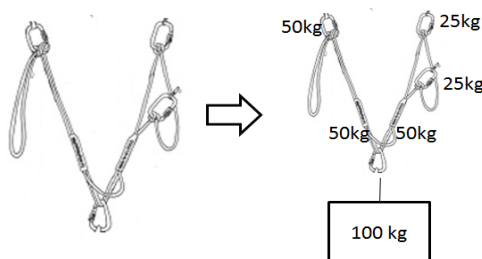
Este tipo de SAS está recomendado para utilizar con dos o más anclajes aunque posean diferentes capacidades y resistencias. Su característica principal es que al aplicar una carga sobre el punto principal del SAS no se genera un efecto polea. Son unidireccionales, fáciles y rápidos de realizar. Y en el caso de fallar uno de los anclajes, apenas si se produce un movimiento.

5.3.1. Sistemas fijos con nudo central:



5.3.2. Sistema fijo equalette a tres puntos:

Este es una excepción dentro de los sistemas fijos, si bien la AATEAC lo incluye en la clasificación de sistema fijo ya que al re-direccionar la carga de trabajo se altera la repartición de cargas en los AS (algunos AS dejan de solicitarse y otros se solicitan más), al no poseer un nudo único con un seno como punto principal de carga (PPC), se produce un efecto polea y reparte con relativa igualdad la carga sobre los dos extremos de cinta que parten a los lados del mosquetón en el punto principal de carga.



5.4. Consideraciones para el montaje de una SAS:

Al confeccionar un SAS se debe tener en cuenta una serie de recomendaciones, además del ángulo formado entre los lados del SAS, que a continuación se enumeran en orden de importancia:

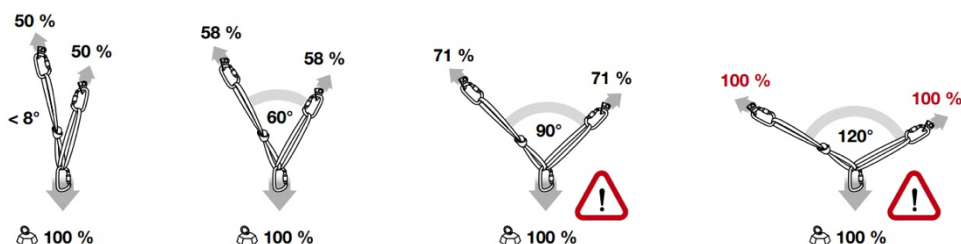
- **Resistencia:** el SAS debería ser sumamente resistente, superando el factor de seguridad tres (FS=3) en todo momento, conforme la NTP 683. Recordar que el objetivo principal de todo SAS es que no falle!!
- **Redundancia:** el SAS debería estar redundado también en los elementos que lo conforman para mantener los niveles de seguridad en caso de falla de algún componente, por ejemplo, emplear al menos dos anclajes. Aquellos elementos que por sí solos poseen un FS cuatro o superior no es necesario redundarlos.
- **Repartición de cargas:** el SAS puede estar ecualizado o bloqueado con una repartición equitativa de la carga sobre los AS.
- **Retención:** no puede poseer una gran extensión en el caso de falla en algún componente, para evitar los fuertes choques.
- **Operatividad:** el sitio en el que se instale el SAS debe ser el más cómodo para su utilización, y dentro de las posibilidades en la misma línea del trabajo (baricentro) para evitar el uso de desviadores.
- **Eficiente:** debe cumplir con el factor de seguridad (eficacia) utilizando la menor cantidad de recursos (materiales y tiempo) para su elaboración.
- **Sencillez:** lograr la simpleza no es tarea fácil para los seres humanos, es todo un lujo de la experiencia y el conocimiento. Los sistemas simples son además fáciles de chequear. Como decía John Long y Bob Gaines: “si hacemos las cosas fáciles, llegaremos a viejos”.

En EE.UU., muchas instituciones utilizan una sigla conocida como SRENE como herramienta de control de los SAS. Un SAS es SERENE cuando es **Sólido** (muy resistente), es **Redundante** (sus componentes están duplicados), está **Ecualizado** (hay repartición de las fuerzas entre sus componentes) y además cumple con la **No Extensión** (en caso de fallar un componente, no se produce una sobrecarga y desplazamiento del resto de los componentes). Además, los SAS deberían ser eficientes y sencillos.

Este tipo de enunciado no debe ser tomado como una regla general taxativa, sino más bien como una herramienta de control cuyo valor nunca supera al juicio racional y al sentido común del TAC Nivel II responsable del montaje de los SAS.

Vale recordar lo que decía el ingeniero Craig Conally acerca de este tema: “Si la repartición estática de cargas se reduce invariablemente a que haya redundancia, más que a pura ecualización, y la repartición dinámica de un sistema de fuerzas no impide que se sobrecargue el sistema, las siglas SRENE nos dejan en pañales”.

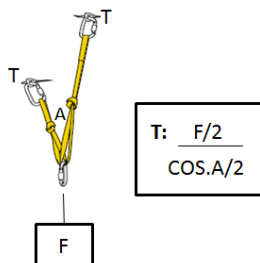
5.4.1. Carga sobre los AS de acuerdo al ángulo alfa del SAS:



En general, el ángulo entre los lados del SAS no debería exceder los sesenta grados (60°), para poseer un beneficio real en la repartición de cargas sobre los AS. En aquellos casos que no sea posible obtener ángulos inferiores o iguales a sesenta grados, se debería calcular el SAS de acuerdo a la carga de trabajo (siempre de al menos 6 KN) y confeccionarlo de tal modo que el factor de seguridad sea siempre superior a tres.

Para calcular la fuerza en los AS de acuerdo al ángulo entre lados del SAS se puede utilizar el teorema de Lamy o la simple fórmula física que se muestra a continuación:

$$T: (F/2)/(\cos.A/2)$$



En esta fórmula F es la carga sobre el punto principal de carga, A es el ángulo entre los lados del SAS y T es la resultante de fuerza en cada anclaje.

A modo de resumen, a continuación se detallan algunos valores teóricos de T para algunos ángulos (A) estándar, en relación porcentual con la carga en el PPC (F):

NOTAS:

6. LÍNEAS DE ANCLAJE:

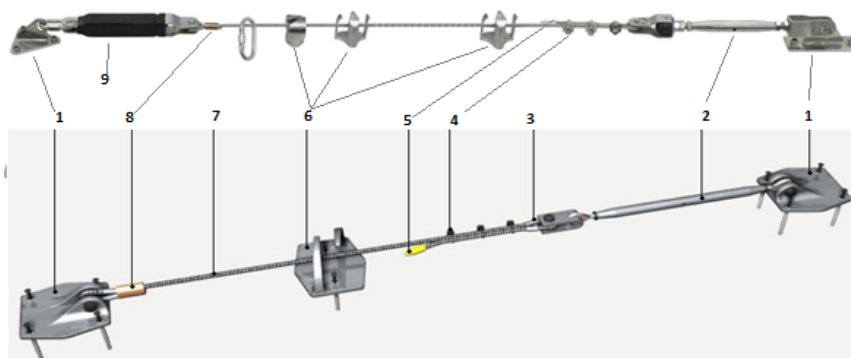
Las líneas de anclaje son tendidos de cuerda, cable o elementos rígidos situados entre anclajes terminales a los que es posible sujetar un equipo de protección individual. Se conocen generalmente por el nombre comercial de “Líneas de Vida”. Pueden además poseer anclajes intermedios en su trayectoria.

Estos tendidos pueden ser flexibles o rígidos. Los primeros son generalmente de cuerdas o cables de acero a los que se puede vincular directamente un conector (EPP), y los segundos suelen ser perfiles metálicos diseñados y confeccionados especialmente para este uso a los que se puede vincular mediante un anclaje móvil tipo “carro” que se desliza sobre dicho perfil. Además pueden utilizarse para proteger contra caídas de altura en desplazamientos horizontales, verticales u oblicuos.

Las líneas de anclaje verticales y aquellas oblicuas que superan los 15 grados de pendiente respecto a la horizontal exceden el alcance de la norma UNE-EN 795:1997 y EN 795:2012. Para este tipo de Líneas de anclaje existen otras normativas específicas como la UNE-EN 353, que exigen la utilización de sistemas que evitan el deslizamiento sobre la línea.

Las líneas de anclaje pueden ser utilizadas como sistemas de retención o anti-caídas. En tales casos el operario debe utilizar el EPP adecuado según las disposiciones de las normativas vigentes. Por ejemplo, si la línea de anclaje se utiliza como sistema de protección anti-caídas, el operario deberá llevar un arnés anti-caídas, un absorbedor anti-caídas, un elemento de amarre anti-caídas, casco y demás EPP conforme el contexto.

En la siguiente figura se muestran dos tipos de líneas de anclaje horizontal de cable de acero. De arriba hacia abajo, la primera posee un absorbedor de energía, lo que no quita la obligatoriedad de usar otro en el elemento de amarre anti-caída, y la segunda sin absorbedor.



Referencias: 1-Anclaje terminal, 2-Tensor de caja cubierta, 3- Guardacabo o guardacable, 4- prensacable, 5- Protector de cabo, 6- Anclaje intermedio, 7- cable de acero, 8- casquillo prensacable, 9-absorbedor de energía.

A continuación se muestra una línea de anclaje flexible horizontal de cuerda. Esta línea de anclaje está diseñada para ser colocada y luego de su utilización retirarla, por lo tanto, podrían incluirse en los anclajes clase B de la UNE-EN 795:1997 (Anclaje provisional transportable), pero al no poseer un único punto fijo de anclaje “estacionario” sino un punto de anclaje “móvil” (línea de anclaje), para la norma

EN 795:2012 son sin lugar a dudas anclajes de tipo C (dispositivos de anclaje equipados con líneas de anclaje flexibles horizontales).



Referencias: 1-Conectores terminales (se vinculan a los anclajes terminales), 2-freno regulador de tensión, 3-Conectores intermedios (se vinculan a anclajes intermedios), 4-Cuerda dinámica, 5-Seno de unión terminal (realizado mediante costura generalmente para evitar la pérdida de resistencia del nudo).

6.1. Cálculo de las fuerzas en las líneas de anclaje flexibles horizontales:

En este tipo de líneas de anclaje horizontales las fuerzas generadas en la cuerda o cable y en los SAS terminales y en los anclajes intermedios por la caída de un operario pueden ser muy significativas y dependen fundamentalmente de las siguientes condiciones:

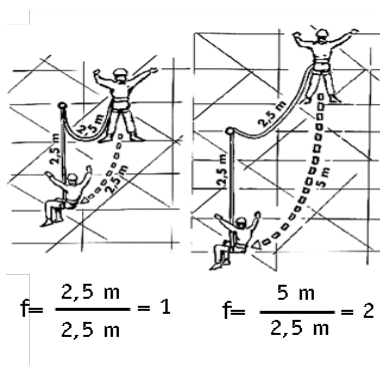
1. Factor de caída.
2. Fuerza de choque.
3. Ángulo alfa (ángulo formado en la línea de anclaje a los lados del conector del elemento de amarre).
4. Absorbedores y elementos dinámicos.
5. Diseño de la línea de anclaje horizontal (LAH).

6.1.1. Factor de caída (F):

El factor de caída es la relación entre altura de caída de un operario y la distancia del elemento de amarre o cuerda que detengan la caída (elementos deformables que absorben energía). Es este factor el que determina mayormente la fuerza de choque de la caída cuando se utilizan elementos dinámicos, más aún que la altura de caída.

Para calcular el factor de caída (F) se debe dividir a la altura de caída (h) por la distancia del elemento de amarre o cuerda activa (d) que absorbe parte de la energía acumulada en la caída. La fórmula es la siguiente:

$$F = h/d$$



En los trabajos de acceso por cuerdas el factor de caída no debería exceder a 1. De esta manera las condiciones de seguridad se ven favorecidas ya que las fuerzas de choque generadas con elementos dinámicos cuando el F es igual o inferior a 1 no son elevadas. Por ello, las líneas de anclaje deberían estar montadas a una altura, respecto al operario, por encima de los hombros.

6.1.2. Fuerza de choque (FCH):

La FCH es la fuerza que, al momento de una caída, es transmitida al operario que cae, al elemento de amarre o cuerda y al punto de anclaje. Según las normativas europeas esta fuerza nunca debería exceder los 6 kN para evitar lesiones severas a los operarios. De hecho, si un operario utiliza un absorbedor de energía anti-caídas certificado, no debería generar más de 6 kN con factores de caída inferiores a 2.

La FCH depende básicamente del factor de caída, de la masa del operario y de las capacidades elásticas de la cuerda o elemento de amarre para absorber parte de la energía de la caída. Para calcular dicha Fuerza se puede emplear la siguiente fórmula:

$$FCH = Mg + Mg \sqrt{1 + 2 f K}$$

FCH = fuerza de choque en Newtons
M = masa que cae en kg
g = gravedad = 9,81 ms⁻²
K = características de la cuerda
(Módulo de Young X sección de la cuerda)
f = **factor de caída real**

valor de K en función de la fuerza de choque máxima de la cuerda:

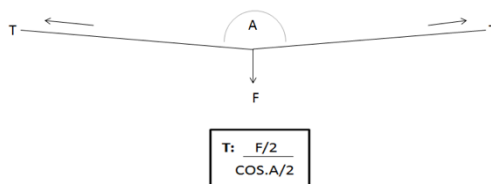
F = 7,0kN -> K = 13700
F = 7,5kN -> K = 16000
F = 8,0kN -> K = 18500
F = 8,5kN -> K = 21200
F = 9,0kN -> K = 24100
F = 9,5kN -> K = 27100
F = 10,0kN -> K = 30300

6.1.3. Ángulo alfa (A):

Este ángulo es el que se forma, una vez caído el operario en la línea de anclaje horizontal, en la cuerda o cable a los lados del conector del elemento de amarre. Cuanto mayor sea este ángulo, mayor será la fuerza transmitida al cable o cuerda, SAS, AS y estructura de soporte.

Para calcular la fuerza en el cable o cuerda, que se transmitirá por supuesto hacia los lados de la línea, llegando a los SAS terminales, se puede utilizar el teorema de Lamy o la fórmula física que se muestra a continuación:

$$T: (F/2)/(\cos.A/2)$$



Al igual que con los SAS, a continuación se detallan algunos valores teóricos de fuerza en los extremos de la línea de anclaje (T) para algunos ángulos (A) estándar, en relación porcentual con la carga en el conector del elemento de amarre anti-caída (F):

ÁNGULOS ENTRE LADOS	% DE CARGA EN C/ANCLAJE
90°	70-71%
120°	100%
135°	129-130%
150°	190-193%
160°	290%
170°	580%
180°	infinito

Para evitar grandes ángulos en las líneas de anclaje horizontales (LAH), es conveniente tensarlas con la fuerza de una persona y sin elementos que proporcionen ventaja mecánica como malacates o polipastos. De todos modos, sea cual sea el método de tensión, se deberá medir el ángulo resultante colgando una masa de 80 Kg en el centro de la LAH. Este ángulo es el que usaremos luego para calcular el factor de seguridad (FS).

6.1.4. Absorbedores de energía y cuerdas dinámicas:

Los elementos de amarre que se utilizan para vincularse a una LAH al realizar un trabajo de altura anticaídas, debe ser siempre dinámico y garantizar fuerzas de choque que no superen los 6 kN con masas de 100 Kg en factores de caída inferiores a 2 (UNE-EN 355). De este modo, podemos utilizar esta fuerza (6 kN) como carga de trabajo a la hora de calcular el factor de seguridad.

6.2. Calcular el Factor de Seguridad (FS):

El FS es una relación entre la carga de trabajo (CT) máxima a la que se someterá la LAH y la carga mínima de rotura (CMR). Este valor se obtiene dividiendo la CMR por la CT. Cuanto mayor sea este valor mayor será el margen de resistencia que posea la LAH durante el trabajo. La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$FS = CMR/CT$$

El FS en las LAH debe ser siempre superior a 3. En otras palabras, la LAH debería resistir al menos tres veces más que la carga máxima ejercida en caso de caída.

A modo de ejemplo, si utilizamos para montar una LAH de 10 metros de largo un cable multiuso de acero galvanizado 6.19 de alma textil de diámetro 3/8, cuya resistencia a la tracción es de 5440 kg y su peso es de 3,4 kg (en los diez metros). El ángulo alfa es de 160° al suspender un peso de 80 kg en la mitad de la LAH, la masa de 6 KN (máxima fuerza de choque con absorbedor) y en los terminales se utilizan prensacables forjados reforzados de 3/8. El FS se calcula de la siguiente manera:

$$\text{CMR} = 5440 - 10\% \text{ (pérdida de resistencia por los prensacables en los terminales)} = \boxed{4896 \text{ kg.}}$$

$$\text{CT} = 600 \text{ kg (carga máxima generada por un operario con absorbedor)} + 3,4 \text{ kg (peso del cable)} = 603,4 \times 290\% \text{ (ángulo alfa de } 160^\circ) = \boxed{1750 \text{ kg.}}$$

$$\text{FS} = 4896 / 1750 = \boxed{2,7} \text{ ¡FS INSUFICIENTE! Debe alcanzar al menos 3.}$$

Veamos otro ejemplo, cambiando el ángulo solamente 10° en la LAH al suspender un peso de 80 Kg en la mitad:

$$\text{CMR} = 5440 - 10\% \text{ (pérdida de resistencia por los prensacables en los terminales)} = \boxed{4896 \text{ kg.}}$$

$$\text{CT} = 600 \text{ kg (carga máxima generada por un operario con absorbedor)} + 3,4 \text{ kg (peso del cable)} = 603,4 \times 193\% \text{ (ángulo alfa de } 150^\circ) = \boxed{1165 \text{ kg.}}$$

$$\text{FS} = 4896 / 1165 = \boxed{4,2} \text{ ¡FS ADECUADO!}$$

Por supuesto que este cálculo de FS también debe realizarse en los anclajes intermedios, en los SAS terminales, en los AS y en todos los elementos de la LAH incluido el soporte. Y el valor más bajo (del eslabón más débil) de FS medido en todos los elementos que conforman la LAH será el valor utilizado como FS de la LAH, ya que este elemento será el primero en fallar.

6.3. Calcular el esfuerzo en los anclajes intermedios:

Es habitual que los anclajes intermedios en una LAH no sean tan fuertes como los terminales. Esto puede ser un error muy grave sobre todo en aquellos casos en los que el anclaje intermedio funcione como desviador de la trayectoria de la LAH en más de veinticinco grados (25°).

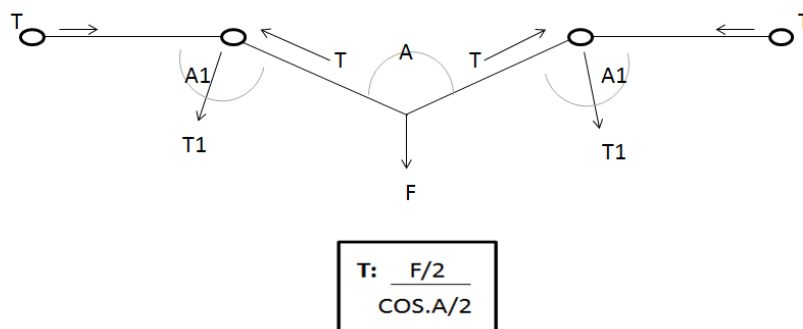
Cuanto más desvíe la trayectoria de la LAH, menor será el ángulo formado por el cable o cuerda a los lados del anclaje intermedio, y por lo tanto, mayor el esfuerzo que deberá soportar. A continuación se muestran algunos ejemplos de ángulos de desvío, el ángulo entre los lados del anclaje intermedio y la fuerza que recibe el anclaje desviador en porcentaje de la fuerza existente en la LAH, la cual puede ser alta en el caso de caída de un operario y más aún si la tensión es elevada (ángulo alfa mayor):

Ángulo que es desviada la LAH de su trayectoria	Ángulo a los lados del anclaje intermedio (anclaje desviador)	Porcentaje de carga de la LAH que recibe el desviador	Observaciones
0°	180°	0%	El desviador no recibe carga
10°	170°	17%	
20°	160°	35%	
30°	150°	52%	
45°	135°	77%	
60°	120°	100%	El anclaje intermedio recibe la misma carga que los SAS terminales
70°	110°	122%	El anclaje intermedio recibe más carga que los anclajes terminales, por lo tanto debería ser más fuerte para mantener el FS en la LAH
90°	90°	141%	
120°	60°	173%	
130°	50°	185%	
160°	20°	197%	
180°	0°	200%	¡Efecto polea! ¡Peligro de sobrecarga!

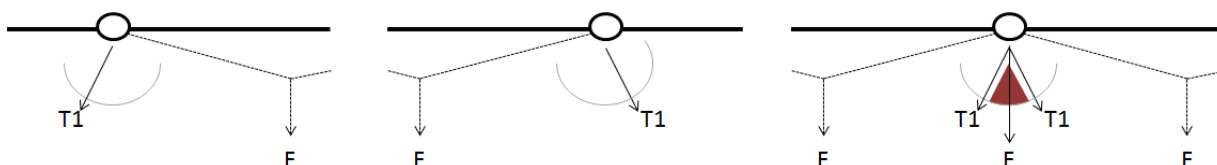
Ahora veamos algunos ejemplos del comportamiento de las fuerzas en algunas LAH con una sola dirección:

En esta primera figura podemos ver una LAH de tres tramos, o sea, dos anclajes terminales (o SAS terminales) y dos anclajes intermedios. Se muestra con flechas los vectores de fuerza y su comportamiento cuando el cable o cuerda pasan por los anclajes intermedios sin estar fijados en estos.

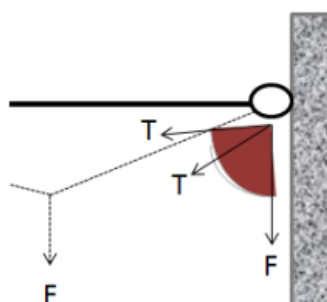
Como ya hemos dicho antes, cuanto mayor sea el ángulo a los lados del conector del cabo de amarre (A), mayor será la fuerza resultante sobre la cuerda o cable (T). Y en los anclajes intermedios, cuanto menor sea el ángulo que estos generan sobre el cable o cuerda (A1) mayor será el esfuerzo al que se verá sometido (T1) dicho anclaje, y la dirección del esfuerzo será siempre en la directriz entre los lados de la cuerda o cable, marcadas en este esquema con una flecha (T1).



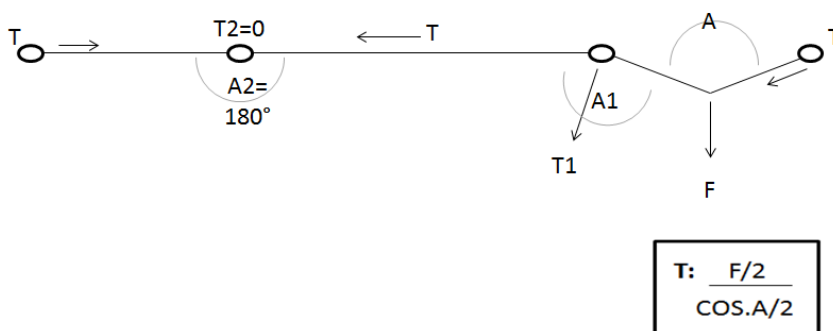
Por lo tanto, las posibles direcciones en las que trabajará un anclaje intermedio dependen del lado del mismo en que caiga el operario. También podría ocurrir que un operario caiga estando conectado directamente al anclaje intermedio o con un cabo a cada lado del mismo. En estos casos la dirección del vector de fuerza será hacia abajo (centro de la tierra). En la siguiente figura se muestra a modo de ejemplo unas posibles direcciones para un anclaje intermedio:



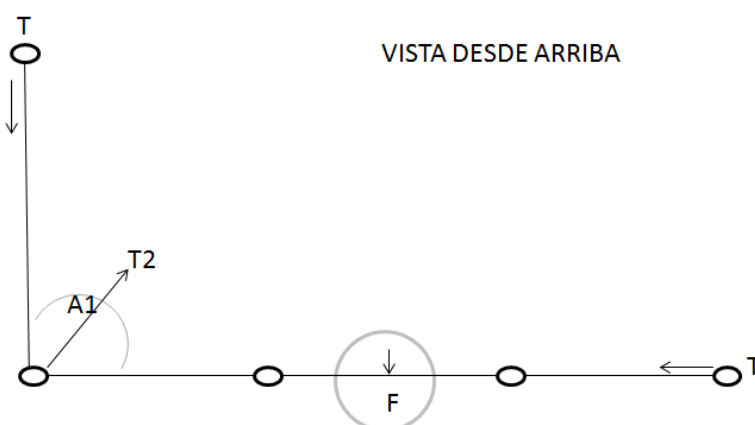
En el caso de los anclajes terminales o SAS terminales el rango de direcciones de trabajo es de 90° ya que la cuerda o cable se encuentran fijas al mismo. En la próxima figura se muestra este rango de trabajo en color rojo. Por supuesto que estas medidas dependen de la tensión que posea la LAH.



En los anclajes terminales, el esfuerzo será siempre T, que depende básicamente de F y del ángulo de la cuerda o cable (A), a excepción del caso de caída de un operario conectado directamente al SAS terminal, en este caso el esfuerzo será igual a F y en dirección hacia abajo. Pero en los anclajes intermedios el esfuerzo (T1) depende del ángulo que este genere nuevamente en el cable o cuerda (A1) y por supuesto de la tensión que tenga la LAH (T). Como se mostró en la tabla de porcentajes de desviadores, y siguiendo el ejemplo del esquema que mostramos a continuación, si A1 es 150° (la LAH es desviada sólo 30° por el anclaje intermedio) el esfuerzo en el anclaje intermedio será el 52% de "T".



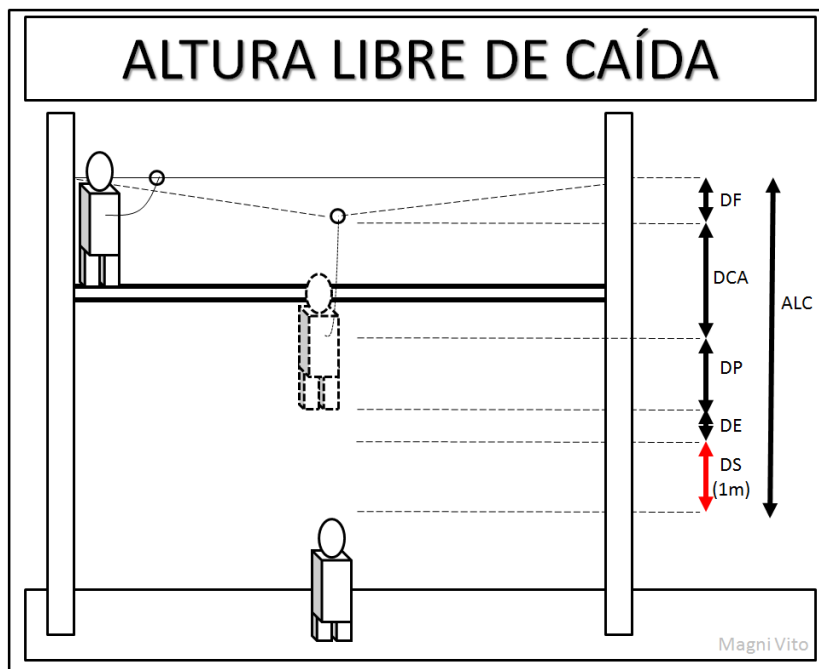
En general, en las LAH rectas los esfuerzos de los anclajes intermedios son siempre inferiores a los terminales. Esto no ocurre cuando los anclajes intermedios desvían la dirección de la LAH más de 60° ($A1 \leq 120^\circ$). En estas ocasiones los anclajes intermedios son sometidos a esfuerzos superiores (en teoría y sin tener en cuenta las fricciones) en relación a los terminales. En el siguiente esquema se muestra una LAH vista desde arriba que posee un anclaje intermedio que desvía la línea 90° ($A1=90^\circ$), siendo este sometido a una carga ($T2$) igual al 141% de T . En estos casos es siempre conveniente que la cuerda o cable este fija en los anclajes intermedios evitando así el efecto polea.



6.4. Calcular la Altura Libre de Caída (ALC):

La ALC es uno de los factores más importantes a la hora de diseñar una LAH, ya que dicha altura puede ser modificada al cambiar algunos componentes de la cadena de seguridad como la tensión de la LAH, la distancia de los elementos de amarre, la altura del cable o cuerda, etc.

Esta altura, debe ser calculada en todos los tramos de la LAH en que exista riesgo de caída de altura. Para calcularla se debe tener en cuenta la distancia de la flecha (DF), la distancia del elemento de amarre desplegado al máximo (DCA), la distancia del operario (DP) entre la hebilla "A" del arnés anti-caídas y sus pies, la distancia producida por el estiramiento de todos los elementos de la cadena dinámica de seguridad frente al choque producto de la caída (DE), y por último, se debe tener en cuenta una distancia de seguridad, un margen de seguridad (DS). Para esta última distancia, la AATEAC recomienda la medida de un metro (1m).



6.5. Recuperación del operario que cae en una LAH:

Las LAH representan un gran peligro en sí mismas, que conlleva una gran cantidad de riesgos asociados. Los más importantes son los traumatismos producto de la caída contra objetos de la estructura o equipos de protección, traumatismos asociados al sistema de detención como daños ocasionados por el arnés o la detención brusca del cuerpo, traumatismos asociados a la suspensión (trauma de la suspensión o síndrome del arnés), traumatismos asociados a la posición y daños ocasionados durante la extracción o rescate de un operario que no pueda recuperarse.

Por todo lo dicho en el párrafo anterior es que toda LAH debe prever la recuperación del operario de manera autónoma y con la asistencia de otro operario en el caso de ser necesario. Para que esto sea posible, el operario expuesto al riesgo de caída en la LAH debe estar provisto de un sistema de recuperación para no quedar atrapado en condiciones de suspensión, lo que significaría un riesgo muy importante. Además, la LAH debe poseer un equipo de rescate para que el operario caído pueda ser asistido por otro operario.

7. LÍNEAS DE TRABAJO Y SEGURIDAD:

Antes de comenzar con el tema de líneas de trabajo y seguridad, es importante tener claridad sobre los siguientes conceptos:

Línea vertical Tendido de 2 cuerdas con sistema de anclaje primario en cabecera y de proyección lineal directa que permiten el acceso y posicionamiento a un operario. Instalación realizada con dos cuerdas homologadas, una de trabajo y otra de seguridad que se conectan independientemente, mediante nudos técnicos o terminal preformado, a un sistema de anclaje sólido y resistente.

Tendido de cuerdas: Instalación o montaje de las líneas de cuerdas en anclajes fiables. Sistema anti-caídas y de sujeción que permite el acceso y posicionamiento de un operario.

Una vez aclarados estos conceptos, podemos decir que al menos para este documento, las líneas verticales y el tendido de cuerdas serán utilizados como sinónimos, al referirse a dos cuerdas montadas sobre SAS redundados, una para sujeción y otra anti-caída que sólo será sometida a carga en el caso de falla sobre la primera, o para algunos rescates por parte de otro operario.

Los tendidos de cuerdas deben poseer un factor de seguridad siempre superior a tres ($FS \geq 3$) y superar en todos sus elementos la carga mínima de rotura de 22 KN. Otra regla importante a cumplir en los tendidos de cuerda es la redundancia, esto es, duplicar aquellos elementos más vulnerables o los que participen en la cadena de seguridad como un eslabón con margen de falla cero. Por ejemplo, los anclajes, si utilizamos sólo uno por resistente que este sea, y falla, toda la cadena de seguridad se ve afectada. Por este motivo es que siempre se deben utilizar al menos dos anclajes, salvo algunas excepciones (anclajes únicos) en las que se utiliza una pieza única con una resistencia muy superior (la redundancia está en el FS de dicha pieza única).

Otros elementos, además de aquellos que poseen margen de falla o margen de error cero, que deben ser redundados por regla son aquellos que posean un alto potencial de falla. O sea, aquellos que poseen una probabilidad relativamente alta de fallar.

Según la NASA, redundar los componentes de un sistema (en caso de sistemas de un único componente) aumenta notablemente la fiabilidad del sistema. Triplicar el número de componentes aumenta ligeramente la fiabilidad y cuadruplicar el número de componentes prácticamente no influye sobre la fiabilidad. Estos contenidos extraídos de los resultados de estudios de sistemas redundantes pueden ser aplicados a los trabajos de acceso por cuerdas.

7.1. Redundancia y Back-up (fiador):

La redundancia es duplicar o reforzar un componente dentro de un sistema. En el caso de los trabajos de acceso por cuerdas la redundancia se aplica en casi todos los componentes del sistema de seguridad (anclajes, cuerdas, etc.).

Los back-up o fiadores son componentes del sistema que no son requeridos al menos que el componente principal falle, o sea, funcionan como un reemplazo de algún componente sin reforzarlo,

tendientes a ocupar su función en caso de falla o ruptura del mismo. Por lo tanto el fiador debería poseer una resistencia igual o superior al sistema principal.

En el ámbito de los trabajos de acceso por cuerdas, específicamente haciendo referencia al montaje de un SAS para un tendido de cuerdas, son muy poco comunes las ocasiones en las que se debería utilizar un fiador. En la gran mayoría de los casos el uso de fiadores es un desperdicio de materiales y vuelve al sistema poco eficiente. Ya que si poseemos recursos para realizar un sistema paralelo de igual resistencia al principal, es posible también realizar un sistema redundado con una resistencia duplicada, disminuyendo así las probabilidades de falla a la mitad.

Para aclarar estos conceptos daremos algunos ejemplos con anclajes. Si poseemos para montar un SAS cuatro anclajes, podremos utilizar dos para un SAS principal y dos para un fiador, o montar un SAS con los cuatro anclajes. Veamos los dos casos en particular teniendo en cuenta que la CMR de cada anclaje es de 12 KN y una CT de 6 KN:

Si optamos por realizar dos SAS, uno principal y un fiador, obtendremos dos SAS con una resistencia de 24KN cada uno. Por lo tanto el FS será de 4, ya que si las fuerzas superan los 24 KN rompería un SAS y también el fiador.

Si optamos por redundar el sistema utilizando los cuatro anclajes obtendremos un SAS con una resistencia de 48 KN (siempre que la redundancia se mantenga en todos los componentes del SAS) y por lo tanto un FS de 8.

Hablando específicamente por estos ejemplos mencionados en los párrafo anterior, la redundancia es el mejor procedimiento, ya que se obtiene un FS superior y se construye un sistema coherente con el objetivo principal de todo SAS: que nunca falle!

De todos modos, si bien la redundancia es una de las reglas de todo SAS, es común que algunos componentes de los tendidos de cuerdas no estén redundados. Como se mencionó en el punto 5.4 (Consideraciones para el montaje de una SAS) aquellos componentes que por sí solos posean un FS superior a 4 no poseen una inminente necesidad de ser redundados, ya que en estos casos se puede considerar que poseen la redundancia incluida en su FS.

Para hacer una aclaración acerca de este tema citamos la frase de Curt Shannon: “Los aviones Boeing 747 no tienen dos alas izquierdas a pesar de que si falla ese ala todos los que van a bordo morirán. Es posible diseñar un componente de un mecanismo con la calidad suficiente como para que la falta de redundancia sea irrelevante”.

Haciendo una última reflexión del tema podríamos decir que la necesidad de redundar los componentes de un sistema deviene de un error de diseño, al no contemplar un FS adecuado o poseer altas probabilidades de falla. Y en lo que a los trabajos de acceso por cuerdas respecta, debemos ser lo suficientemente flexibles y criteriosos a la hora de aplicar la redundancia en el montaje de los tendidos de cuerdas, para que esta sea, más que una norma inquebrantable, una herramienta para evitar que el sistema falle.

A continuación, mostraremos algunos ejemplos de montajes de tendidos de cuerdas, que no pretenden de ningún modo ser modelos taxativos a seguir, sino simplemente servir de ejemplos que ayuden a entender lo expuesto en este documento.

7.2.1. Tendido de cuerdas con tres o cuatro anclajes y cinta plana:

Estos tendidos de cuerda se realizan utilizando para su confección un mosquetón en cada anclaje y una cinta textil para vincular los mismos. En el punto principal de aplicación de la fuerza, donde confluyen las resistencias generalmente se colocan dos mosquetones con seguro ya que este es el punto más débil del SAS, aunque a veces con un único mosquetón se consigue el FS deseado.



Fig.: dos tendidos de cuerdas para acceso, uno para cada operario. En el de la izquierda, el SAS de la cuerda de trabajo y el de la cuerda de seguridad comparten un anclaje, situación aceptable con anclajes de alta resistencia únicamente. En el de la derecha, el operario posee una cuerda de trabajo con dos anclajes independientes a los dos anclajes de su cuerda de seguridad.

7.2.1. Tendido de cuerdas con la misma cuerda y tres anclajes:

A diferencia de los SAS realizados con cinta, estos utilizan la misma cuerda para confeccionar el sistema de fuerzas que reparte la carga entre los anclajes. Al igual que los anteriores, estos sistemas se pueden confeccionar fijos (con un nudo de ocho doble seno por ejemplo) o móviles.

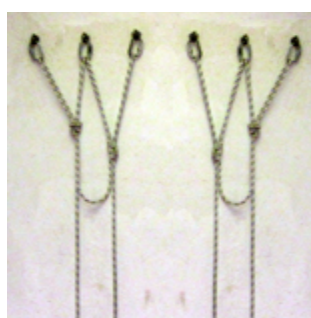


Fig.: dos tendidos de cuerdas para acceso realizados con las mismas cuerdas, uno para cada operario.

[illegible]

8. ASPECTOS RELEVANTES DE LAS NORMATIVAS VIGENTES:

8.1. Norma UNE-EN 795:1997 y EN 795:2012

Esta norma específica los requisitos, métodos de ensayo, instrucciones de uso y marcado de los dispositivos de anclaje destinados exclusivamente a ser utilizados con Equipos de Protección Individual contra caídas de altura. Esta norma no es aplicable a los ganchos proyectados según norma EN 517, a las pasarelas proyectadas según norma EN 516 ni a los puntos de anclaje fijos que forman parte de la estructura original.

En esta norma hay que diferenciar entre: EN 795 A1, anclajes estructurales para superficies verticales, horizontales e inclinadas. EN 795 A2, anclajes estructurales para tejados inclinados. EN 795 B, anclajes provisionales transportables. EN 795 C, línea de anclaje flexible horizontal. EN 795 D, línea de anclaje horizontal rígida. EN 795 E, Anclaje de peso muerto para superficies horizontales.

Es decir, la norma EN 795 regula los dispositivos de anclaje, anclajes únicos o líneas de anclaje.

Requisitos generales

Como requisitos del equipo de métodos de ensayos de resistencia estática cumplirán con lo reflejado en el apartado 4,1 de EN 364. El equipo de medida de fuerza dinámica deberá cumplir con los apartados 4.4, 4.5 y 4, .6 de la EN 364. Esto es en cuanto a medios para poder medir las fuerzas.

Como requisitos generales se puede considerar que todos los puntos o dispositivos de anclaje, fijos o portátiles, tienen que estar diseñados para que una vez conectados a un Equipo de Protección Individual no puedan ser desconectados involuntariamente. Las aristas o ángulos expuestos deben estar atenuados por un redondeamiento con radio de 0,5 mm o con chaflán a 45º.

Cuando un dispositivo de anclaje tiene más de un elemento debe ser proyectado de forma que no den la sensación de estar ensamblados correctamente si no están efectivamente conectados y asegurados. Los dispositivos de anclaje deben protegerse frente a la corrosión según el apartado 4.4 de la norma EN 362.

Requisitos específicos

EN 795 A1 Esta clase incluye a los anclajes estructurales proyectados para ser fijados sobre superficies verticales, horizontales e inclinadas, tales como paredes, columnas, dinteles, etc. Se les realizará ensayo estático según el apartado 5.2.1 de esta norma, aplicándose una fuerza de 12 kN en la dirección de carga. Esta fuerza se mantendrá durante 3 m. y los anclajes deberán resistir. Asimismo se realizará un ensayo dinámico de acuerdo con el apartado 5.3.2. y la caída de la masa deberá ser soportada.

EN 795 A2 Esta clase de anclajes estructurales están proyectados para ser fijados sobre tejados inclinados. Se les realizará ensayo estático según el apartado 5.2.2 de esta norma, aplicándose una fuerza de 12 kN en la dirección de carga durante toda su vida útil. Esta fuerza se mantendrá durante 3 m. y los anclajes deberán resistir. Asimismo se le realizará un ensayo dinámico de acuerdo con el apartado 5.3.3. La caída deberá ser soportada.

EN 795 B. La clase B incluye a los dispositivos de anclaje provisionales transportables.

EN 795 C. La clase C incluye a los dispositivos de anclaje equipados con líneas de anclaje flexibles horizontales. Se conocen como líneas de vida horizontales, y no pueden desviarse de la horizontalidad más de 15°. Estos dispositivos deben estar proyectados de forma que no sea posible que un punto de anclaje móvil pueda desconectarse involuntariamente, debe tener terminales de tope, y si el anclaje móvil tiene dispositivo de apertura éste debe contener dos acciones voluntarias y consecutivas para conectarlo y desconectarlo. Si las líneas de vida de este tipo son de cuerda, bandas o cables metálicos deberán ser como mínimo del doble de la fuerza máxima aplicada a la cuerda, bandas o cable. Esto será aplicado igualmente cuando las instrucciones del fabricante contemplen la utilización simultánea de dos o más personas. Todos los demás elementos de la línea de vida que tienen como función el fijar este dispositivo a la estructura portante deben resistir el doble de la fuerza originada en caso de caída.

EN 795 D. La clase D incluye a los dispositivos de anclaje equipados con rieles de anclaje rígidos horizontales. Se les realizará ensayo estático según el apartado 5.2.5 de esta norma, aplicándose una fuerza de 10 kN en la dirección de carga durante toda su vida útil. Esta fuerza se mantendrá durante 3 m. y los anclajes deberán resistir Asimismo se le realizará un ensayo dinámico de acuerdo con el apartado 5.3.6. La caída deberá ser soportada. Si las instrucciones del fabricante permiten la utilización simultánea de dos o más personas con una fuerza de 10 kN para la primera persona y 1 kN por cada persona adicional, por ejemplo para tres personas la fuerza aplicada será de 10 kN+1 kN+1kN y siempre debe ser mantenida durante 3 minutos debiendo resistir esta carga.

EN 795 E. La clase E incluye a los anclajes de peso muerto, utilizables sobre superficies horizontales. Se entiende como superficie horizontal siempre que no se desvíe más de 5° de la horizontalidad. Este tipo de anclajes no deberán utilizarse cuando la distancia al borde del tejado sea inferior a 2.500 mm o cuando haya hielo o riesgo de helada. Asimismo se le realizará un ensayo dinámico de acuerdo con el apartado 5.3.6. El desplazamiento L del centro de la masa del peso muerto no deberá exceder de los 1000 mm, el desplazamiento H del peso muerto debe medirse a los 3 m de la prueba de ensayo y no deberá exceder de los 1000 mm

Instrucciones de uso y marcado

Son de aplicación los requisitos establecidos en la norma EN 365. El fabricante, en las instrucciones, deberá incluir una declaración de que los elementos han sido sometidos a pruebas de ensayo, por parte de organismo certificador, conforme a los dispuesto en esta norma y que, salvo indicación en contra, son apropiados para el uso de una sola persona dotada de un absorbedor de energía conforme a la norma EN 355.

8.2. Certificación de dispositivos de anclaje

Se denomina sistema de anclaje al conjunto total de componentes que incluyen un punto de anclaje. El sistema de anclaje está formado, de manera general, por una estructura portante, elementos de fijación, y un dispositivo de anclaje.

La norma EN 795 ampara los dispositivos de anclaje, los cuales definía como las piezas que tienen un punto de anclaje. En la norma EN 795:1996, esta definición incluía los dispositivos de anclaje que se instalan de manera fija en la estructura portante y que no pueden ser retirados nunca, ni siquiera para su inspección, como puede ser un dispositivo de anclaje soldado a una viga. Sin embargo, la norma EN 795:2012 sólo cubre los dispositivos de anclaje que se pueden retirar de la estructura portante, al menos para su revisión, pudiéndose volver a colocar en el mismo sitio. Esto no quiere decir que los dispositivos de anclaje no se puedan soldar o embeber, por ejemplo, en hormigón, sino que los dispositivos destinados a ser instalados de esta manera no pueden ser certificados según esta norma.

Se denomina anclaje estructural a aquél que queda fijo en la estructura y su misión es o bien sujetar a un dispositivo de anclaje, o bien funcionar como dispositivo de anclaje porque el propio anclaje estructural ya tiene un punto de anclaje (en este segundo caso, no puede cumplir la norma EN 795:2012, pero puede cumplir la norma EN 795:1996)

Se denomina elemento de fijación al elemento previsto para sujetar el dispositivo de anclaje siempre que se pueda quitar de la estructura, por ejemplo, para su revisión. Sería un elemento de fijación un tornillo pasante que atraviesa el ala de una viga para sujetar una plaqueta de anclaje.

Dentro de la clasificación de dispositivos de anclaje incluida por la norma EN 795:1996, algunos de ellos se consideran EPP y otros no. La consecuencia de esta situación es que los considerados EPP deben llevar el marcado CE y someterse obligatoriamente a las pruebas de laboratorio establecidas para su comercialización. Son EPP las clases B y D. Los dispositivos que no son considerados EPP no pueden llevar el marcado CE.

Para poder garantizar la seguridad de un dispositivo de anclaje contando con un uso correcto del mismo se deberían seguir, desde un punto de vista muy estricto, los siguientes pasos:

1. Definir qué tipo de dispositivo de anclaje se va a colocar y dónde en función del tipo de trabajo, lugar de trabajo, estructura portante disponible, sistema de conexión, acceso seguro hasta el anclaje, etc.
2. Elegir el dispositivo exacto de anclaje (elemento con punto de anclaje) que se va a colocar:
 - Si se considera EPP se deberá adquirir uno que tenga el marcado CE (ejemplo una cinta de anclaje).
 - Si no se considera EPP, se puede utilizar un componente que en sus instrucciones indique que es un dispositivo de anclaje. El fabricante ha podido aplicar la norma o no. También se puede usar un elemento diseñado y calculado como dispositivo de anclaje por una persona cualificada, y fabricado especialmente para una ocasión particular. Para conocer la resistencia con la que debe ser calculado, lo habitual es aplicar lo que dice la norma al respecto (por ejemplo, una resistencia de 1200 daN en el caso de dispositivos de tipo A según EN 795:2012).

Aun pudiendo diseñar los dispositivos específicamente para cada situación, lo más recomendable es adquirir los que cumplan la norma.

3. Garantizar que la estructura portante y la manera de fijarlo soportarán las cargas a las que pueden ser sometidas.

La estructura portante (perfil metálico, muro, etc.) indudablemente no está sometida a la norma EN 795. Si es posible, se realizará un cálculo sobre su resistencia en el lugar en el que se instalará el anclaje. Si no es posible (por ejemplo, por no conocer las propiedades mecánicas de todos los elementos), se deberá hacer una prueba de resistencia.

La manera de fijar el dispositivo a la estructura depende de los dos elementos, dispositivo y estructura. El elemento de fijación (responsable de unir el dispositivo de anclaje a la estructura de recepción) puede formar parte del mismo dispositivo de anclaje y estar certificado junto a él. Si no forma parte del dispositivo, puede estar diseñado de acuerdo con otras normas (por ejemplo, DITE) o calculado para que soporte la carga a la que va a estar sometido. Puede que todavía sea necesario otro elemento (por ejemplo, resina) para adherir finalmente el elemento de fijación a la estructura.

4. Garantizar que se ha instalado de acuerdo con las instrucciones del fabricante y del proyecto que define dónde y a qué se ancla.
5. Informar sobre los sistemas de conexión compatibles con el anclaje, el lugar donde se ha puesto, el trabajo a realizar, etc.
6. Entregar la documentación necesaria al usuario/propietario de la instalación (ver punto 8.3 a continuación).

La aplicación de todos estos pasos garantizaría, dentro de límites razonables, la seguridad del anclaje y su instalación.

8.3. Documentación a entregar luego de instalar un anclaje o línea de anclaje:

Una vez que el técnico AATEAC Nivel II finaliza un montaje de cualquier tendido de cuerdas, anclaje o línea de anclaje debe presentar, previo control de un operario nivel III, los siguientes documentos al departamento correspondiente dentro de la organización, para así cumplir con los requerimientos de la norma EN 795:2012. Este documento debería reflejar las obligaciones de las tres entidades que participan para que sea posible la instalación de un anclaje o línea de anclaje (el fabricante, el proyectista y el instalador). Los datos que debe contener la documentación presentada debe ser al menos la siguiente:

- Dirección de la instalación.
- Nombre de las organizaciones responsables en el diseño y montaje de la instalación.
- Nombre del responsable de la instalación (técnico nivel II y III).
- Identificación del dispositivo que se ha instalado.(fabricante, modelo, etc.).
- Elemento de fijación utilizado (marca, fuerzas que soporta, etc).

- Esquema de la instalación. Este también debe ser entregado a los usuarios o ser colocado a la vista de los mismos.
- Declaración del instalador en la que certifique que se ha instalado el sistema de acuerdo a las instrucciones del fabricante, al proyecto previo, y anclado de manera correcta en la estructura indicada para ello.
- Reporte fotográfico adjunto al final de la documentación, identificando cada anclaje, por ejemplo con un número, y colocando en el anclaje la misma identificación físicamente.



Fig.: anclajes con cartel de identificación de manera visible para el usuario.

[illegible]

9. CONSIDERACIONES FÍSICAS:

9.1. Caída libre:

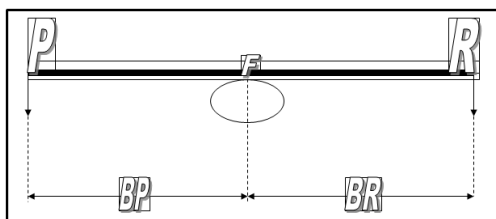
Si bien es cierto que en los rescates en altura existe riesgo de caída libre, consideramos que el estudio de dicho fenómeno en profundidad no es de vital importancia. Basta con saber que la aceleración de la gravedad es de 9,8 m/s², para dimensionar lo que representamos, en cuanto a energía potencial, cuando andamos en las alturas.

Por supuesto que no debemos ser especialistas en calcular la energía cinética de un cuerpo que cae libremente por el espacio, ya que esta situación es justamente lo que queremos evitar a toda costa.

Por otro lado, si nos interesa poder calcular la fuerza que se genera en una línea de anclaje al detener una pequeña caída, que debería ser de un factor de caída siempre inferior a 1. Y sin más motivo que servirnos de marco conceptual al momento de diseñar la línea y así poder montarla con el factor de seguridad más alto posible.

9.2. Palancas:

“Barra rígida que oscila sobre un punto de apoyo (fulcro) debido a la acción de dos fuerzas contrapuestas (potencia y resistencia)”.



P: Potencia; **R:** Resistencia; **BP:** Brazo de potencia; **BR:** Brazo de resistencia; **F:** Fulcro.

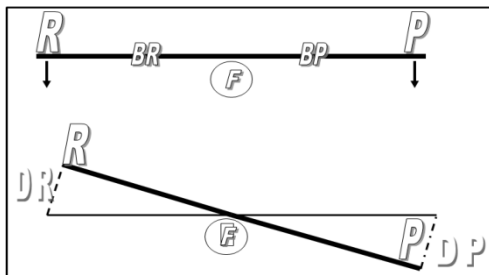
LEYES DE LAS PALANCAS:

LEY	• EXPRES. MATEMÁTICA
• LA POTENCIA MULTIPLICADA POR SU BRAZO ES IGUAL A LA RESISTENCIA MULTIPLICADA POR EL SUYO.	• $P \times BP = R \times BR$
• EL DESPLAZAMIENTO DE LA POTENCIA ES A SU BRAZO COMO EL DE LA RESISTENCIA AL SUYO.	• $DP / BP = DR / BR$

DP: Desplazamiento de la potencia; **DR:** Desplazamiento de la resistencia.

TIPOS DE PALANCAS:

■ PALANCAS DE PRIMER GÉNERO:

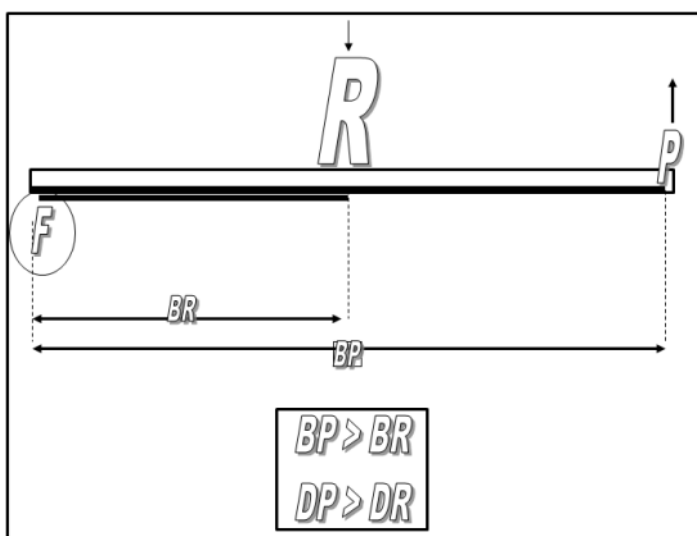


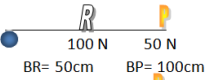
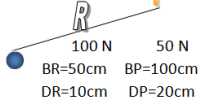
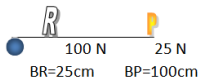
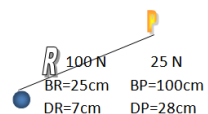
• PALANCAS DE 1º GÉNERO

LEYES

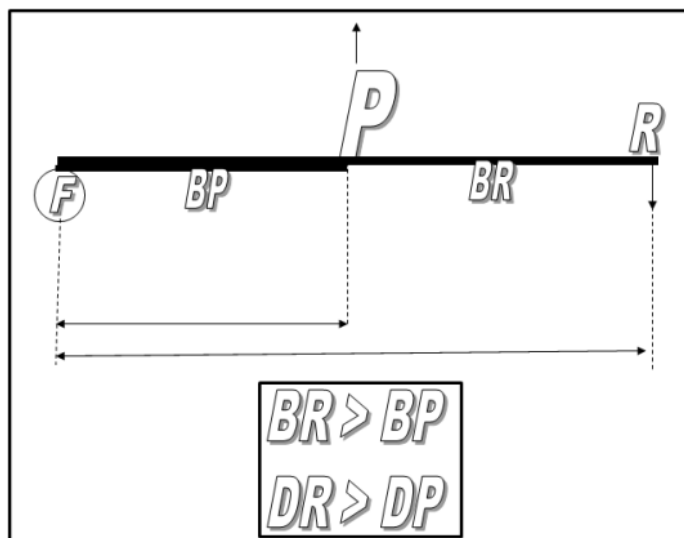
	$P \times BP = R \times BR$	$DP/BP = DR/BR$
50 N BR=50cm 50 N BP=50cm	$50 \text{ N} \times 50 \text{ cm} = 50 \text{ N} \times 50 \text{ cm}$	-----
50 N BR=30cm 50 N BP=50cm DR=30cm DP=30cm	$50 \text{ N} \times 50 \text{ cm} = 50 \text{ N} \times 50 \text{ cm}$	$30 \text{ cm} / 50 \text{ cm} = 30 \text{ cm} / 50 \text{ cm}$
75 N BR=25cm 25 N BP=75cm	$25 \text{ N} \times 75 \text{ cm} = 75 \text{ N} \times 25 \text{ cm}$	-----
75 N DR=10cm 25 N DP=30cm BR=25cm BP=75cm	$25 \text{ N} \times 75 \text{ cm} = 75 \text{ N} \times 25 \text{ cm}$	$30 \text{ cm} / 75 \text{ cm} = 10 \text{ cm} / 25 \text{ cm}$

PALANCAS DE SEGUNDO GÉNERO:

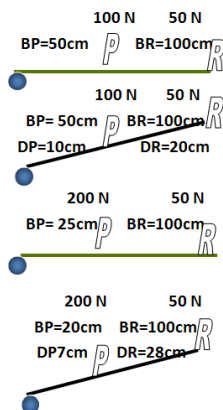


PALANCAS DE 2º GÉNERO	LEYES	
	$P \times BP = R \times BR$	$DP / BP = DR / BR$
 100 N 50 N BR= 50cm BP= 100cm	$50 \text{ N} \times 100\text{cm} = 100 \text{ N} \times 50\text{cm}$	-----
 100 N 50 N BR=50cm BP=100cm DR=10cm DP=20cm	$50 \text{ N} \times 100\text{cm} = 100 \text{ N} \times 50\text{cm}$	$20\text{cm} / 100\text{cm} = 10\text{cm} / 50\text{cm}$
 100 N 25 N BR=25cm BP=100cm	$25 \text{ N} \times 100\text{cm} = 100 \text{ N} \times 25\text{cm}$	-----
 100 N 25 N BR=25cm BP=100cm DR=7cm DP=28cm	$25 \text{ N} \times 100\text{cm} = 100 \text{ N} \times 25\text{cm}$	$28\text{cm} / 100\text{cm} = 7\text{cm} / 25\text{cm}$

▪ **PALANCAS DE TERCES GÉNERO:**



**PALANCAS DE 3º
GÉNERO**



LEYES

$P \times BP = R \times BR$

$DP / BP = DR / BR$

$100 \text{ N} \times 50 \text{ cm} = 50 \text{ N} \times 100 \text{ cm}$

$100 \text{ N} \times 50 \text{ cm} = 50 \text{ N} \times 100 \text{ cm}$

$10 \text{ cm} / 50 \text{ cm} = 20 \text{ cm} / 100 \text{ cm}$

$200 \text{ N} \times 25 \text{ cm} = 50 \text{ N} \times 100 \text{ cm}$

$200 \text{ N} \times 25 \text{ cm} = 50 \text{ N} \times 100 \text{ cm}$

$7 \text{ cm} / 25 \text{ cm} = 28 \text{ cm} / 100 \text{ cm}$

NOTAS:

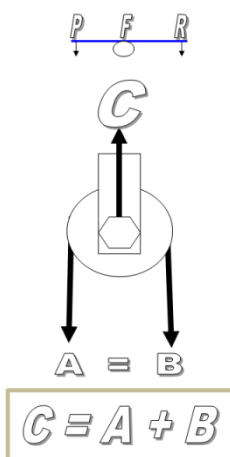
9.3. Polipastos:

POLEAS:

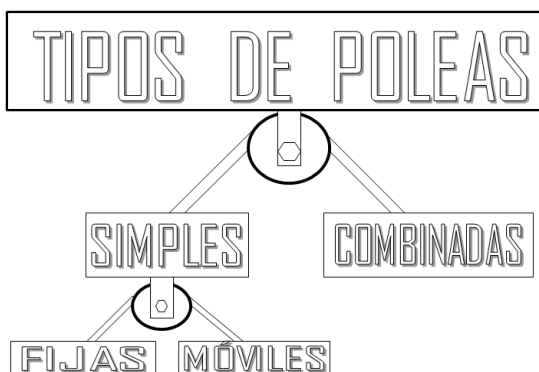
Las poleas son máquinas simples compuestas por una rueda acanalada en su circunferencia (roldana), que con el concurso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal, se usa como elemento de transmisión en máquinas y mecanismos para cambiar la dirección del movimiento o su velocidad y formando conjuntos –aparejos o polipastos- para además reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso.

EFFECTO POLEA:

En una polea simple (situación teórica) que desvía la tracción 180°, la fuerza que realiza “b” ha de ser igual al peso de “a” para sostenerla. Por lo tanto el eje de la polea debe soportar el doble de la carga inicial:

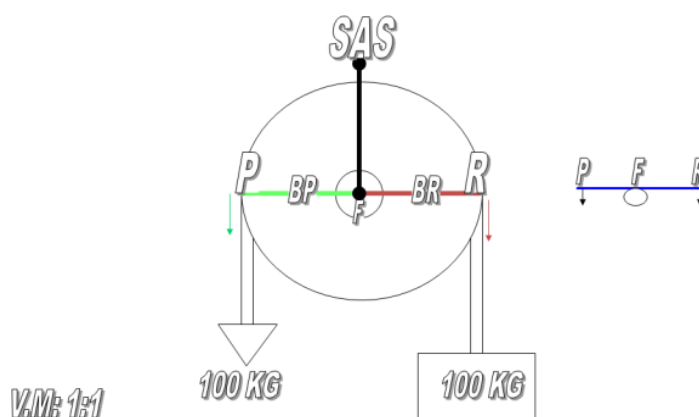


TIPOS DE POLEAS:



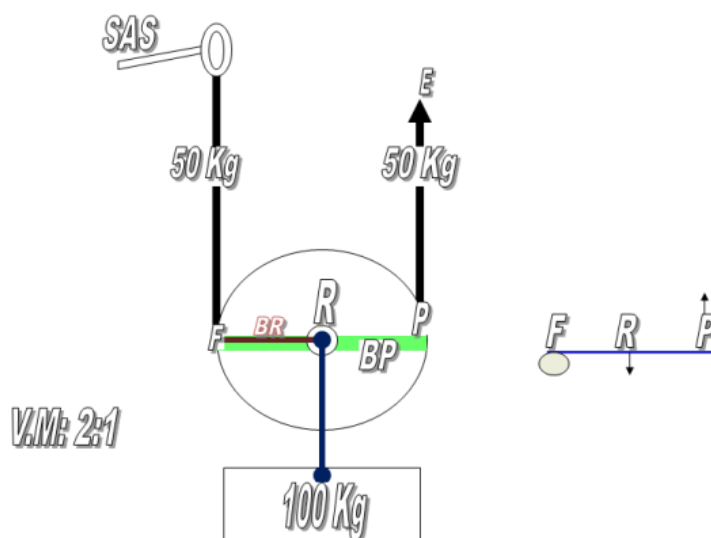
POLEA FIJA:

Una “polea fija” es un “palanca de 1º género”. El fulcro en este caso es el eje de la roldana, la “P” es el punto en el que la cuerda abandona la roldana para dirigirse hacia el esfuerzo (fuerza que contrarresta la resistencia), la “R” se encuentra en el punto en el que la cuerda abandona la roldana para dirigirse hacia la carga y la barra rígida está representada por la línea imaginaria que une los dos elementos (P y R) pasando por el fulcro. Por ser la roldana redonda, el “BP” es igual que el “BR”, por lo que se deduce una V.M. teórica de 1:1.



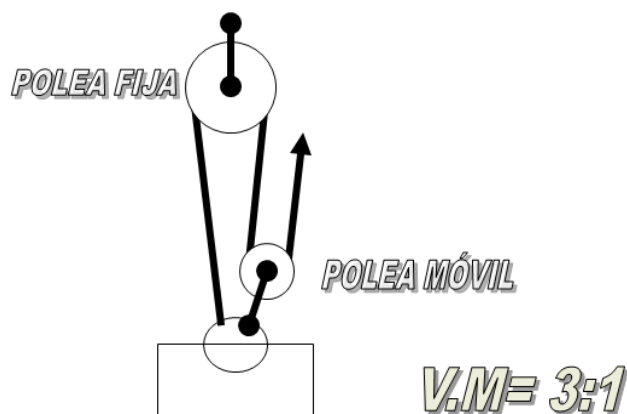
POLEA MÓVIL:

Una “polea móvil” es una “palanca de 2º género”. El fulcro está localizado en el filo de la roldana, directamente debajo del punto en el que la cuerda abandona la roldana para ir al “SAS”. La “P” se localiza en el punto en el que la cuerda abandona la roldana por el lado del esfuerzo que contrarresta la fuerza de la resistencia, la “R” se encuentra justo en el eje de la roldana, y por último el “BP” que va desde el fulcro hasta “P” y el “BR” que va desde el “F” hasta la “R”. Por ser la roldana redonda, el “BP” es el doble de largo que el “BR”, por lo que la V.M. es 2:1 (teóricamente).



POLEAS COMBINADAS:

Las poleas combinadas son las que resultan de combinar una o varias poleas con la finalidad de aumentar la ventaja mecánica (V.M.).

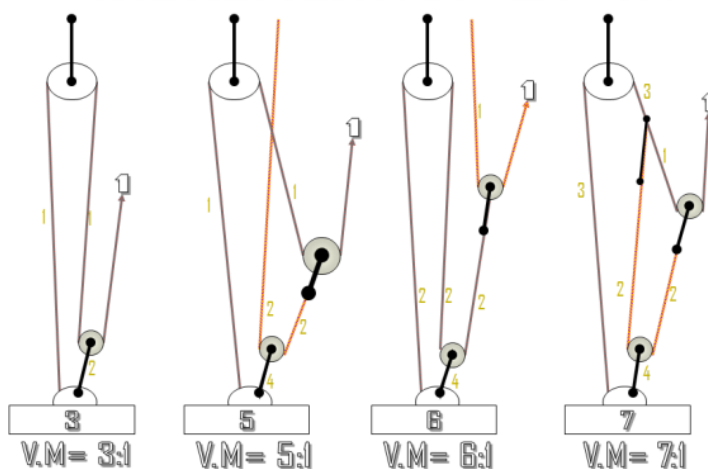


VENTAJA MECÁNICA:

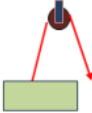
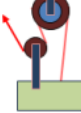
“Se denomina ventaja mecánica de una máquina al número de veces que dicha máquina logra multiplicar la fuerza aplicada sobre ella.” Por ejemplo, el uso de una polea en “N”, le confiere al usuario una fuerza tres veces mayor (en teoría) de lo que hubiera podido ejercer sin ayuda. (D. J. Fasulo).

V.M.: PESO DE LA CARGA (R) : ESFUERZO QUE REALIZAMOS (P)

INCREMENTAR LA VM



REDUCCIÓN TEÓRICA Y REAL DEL ESFUERZO CON POLEAS

TIPOS DE POLEAS	FIJA 	MÓVIL 	COMBINADA 
FUERZA TEÓRICA	$F = P$	$F = 0,5 P$	$F = 0,33 P$
FUERZA REAL CON POLEA	$F = 1,1 \text{ a } 1,5 P$	$F = 0,52 \text{ a } 0,6 P$	$F = 0,37 \text{ a } 0,5 P$
FUERZA REAL CON MOSQUETON	$F = 2 P$	$F = 0,66 P$	$F = 0,57 P$

NOTAS:

[illegible]

10. REFLEXIÓN

La información expuesta en esta guía, es para los operarios técnicos AATEAC Nivel II. Material técnico adicional que sirve únicamente de apoyo conceptual y complemento de capacitación. Nunca debe ser utilizado como un manual acabado de información exhaustiva. Y al igual que ocurre con las técnicas y maniobras de acceso y posicionamiento por cuerdas, las de instalación de Anclajes De seguridad van cambiando con el tiempo, conforme se realizan nuevas investigaciones o aparecen nuevos productos en el mercado.

Además, la instalación de anclajes y el montaje de los sistemas complejos y dinámicos que se requieren en los trabajos técnicos con cuerdas, presentan problemas que exceden la índole técnica. Con esto queremos decir que no basta con el estudio técnico y físico de los anclajes, hace falta también, la experiencia y flexibilidad mental para adaptar los conceptos técnicos a las particularidades de cada situación específica. Adaptar una estructura de sostén a la realidad dinámica.

Esta cualidad caracteriza a los operarios que poseen experiencia y entrenamientos orientados al desarrollo de competencias (saber y saber hacer; saber cómo se hace y poder hacerlo) muy variadas y exigentes. Necesarias en esta actividad debido a la diversidad de escenarios probables en los que se deben resolver problemas complejos y dinámicos.

Por lo tanto, en los trabajos técnicos con cuerdas, es tan importante el aprendizaje de las “reglas”, los conceptos, técnicas, normas y todo el marco conceptual que contenga y respalde nuestro actuar. Tanto como la capacidad de improvisar y adaptar todo esto a la cambiante realidad. Podríamos decir que estas tareas tienen algo de “arte” también.

Con esto no queremos decir en absoluto que el operario debe improvisar una estructura de actuación o las maniobras. Sólo se debe dar lugar a la improvisación cuando la realidad exceda lo previsible, y se debe buscar siempre realizar maniobras respaldadas por protocolos y normas internacionalmente reconocidas. Manteniendo siempre un nivel de riesgo aceptable.

11. BIBLIOGRAFÍA

- PREVENCIÓN Y SEGURIDAD EN TRABAJOS VERTICALES, JON REDONDO, ED. DESNIVEL.
- INFLUENCIAS DEL REFUERZO EN EL HORMIGÓN EN LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DE LOS ANCLAJES QUÍMICOS. JOSÉ D. ROMÁN RAMOS. Tesis Máster en estructuras, cimentaciones y materiales.
- NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 795:1997. PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA. DISPOSITIVOS DE ANCLAJES. REQUISITOS Y ENSAYOS.
- NORMA ESPAÑOLA EN 795:2012. PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA. DISPOSITIVOS DE ANCLAJES. REQUISITOS Y ENSAYOS.
- NTP 893. ANCLAJES ESTRUCTURALES. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. ESPAÑA.
- NTP 682. SEGURIDAD EN TRABAJOS VERTICALES (I): EQUIPOS. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. ESPAÑA.
- NTP 683. SEGURIDAD EN TRABAJOS VERTICALES (II): TÉCNICAS DE INSTALACIÓN. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. ESPAÑA.
- NTP 684. SEGURIDAD EN TRABAJOS VERTICALES (III): TÉCNICAS OPERATIVAS. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. ESPAÑA.
- PÁGINA WEB: www.gruposima.es
- PÁGINA WEB: www.lineaprevencion.com
- GESTIÓN DEL RIESGO EN MONTAÑA Y ACTIVIDADES AL ASRE LIBRE, A. AYORA, ED. DESNIVEL.
- GESTIÓN EN HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, G. ARRIBALZAGA, ED. DUNKEN.
- SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL. HERNANDEZ-MALFAVÓN-FERNÁNDEZ, ED. LIMUSA.
- ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES, MADRID. GESTIÓN EDITORIAL – CHANTAL DUFRESNE, BA.
- PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN TURISMO AVENTURA. MAGNI, V., 2005. MINISTERIO DE SALUD Y DESARROLLO SOCIAL, GOBIERNO DE MENDOZA, ARGENTINA.
- SEGURIDAD Y RIESGO, ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE ESCALADA. PIT SCMUBERT. 2001.
- DOCUMENTACIÓN FINAL Y CONCLUSIONES GENERALES CURSO DE EXPERTO RECONOCIDO EN LA INSTALACIÓN DE ANCLAJES PARA ACTIVIDADES VERTICALES. FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA.

ANEXOS

HERRAMIENTAS PARA LA INSTALACIÓN DE LINEAS DE ANCLAJE, SEGURIDAD Y RESCATE

ANEXO 01:

TABLA DE SELECCIÓN DE ANCLAJES SEGÚN EL TIPO DE ROCA / SOPORTE

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE BASE (ROCA NATURAL)	ANCLAJE RECOMENDABLE				TIPO DE ROCA	RESISTENCIA DEL MATERIAL DE BASE
	ESCALADA*	ESPELEO*	CAÑONES*			
ROCAS MUY BLANDAS		 			ARENISCA METEORIZADA, CALIZA MUY VIEJA, PIZARRAS VIEJAS	80 -125 Kp/cm
ROCAS BLANDAS		 			ARENISCA COMPACTA Y CALIZAS VIEJAS	150-250 Kp/cm
ROCAS SEMI-DURAS	  	 	 		CALIZAS NARANJAS Y CONGLOMERADO DE CALIDAD	300-600 Kp/cm
ROCAS DURAS	  	 	 		CALIZAS GRISES Y GRANITOS	600-800 Kp/cm
ROCAS MUY DURAS	  		 		GRANITOS Y GNEIS	700-1200 Kp/cm
ROCAS EXTREMADAMENTE DURAS	  		 		GRANITO, BASALTO Y CUARCITAS	1.500-2.500 Kp/cm

* ATENCIÓN el uso de SPIT esta desaconsejado para el equipamiento de escenarios de rescate. Es mejor opción utilizar anclajes tipo Long Life, tornillos de expansión o tensores químicos (todo el conjunto en inox).

* Generalmente el uso de químicos en cavidades esta reservado a actividades sobre rocas de muy baja calidad (yesos) donde no se puede colocar otro tipo de anclaje. También y ocasionalmente se puede aplicar a la reequipación de travesías ya exploradas y usadas. Aunque los anclajes químicos sean los más resistentes del mercado, no son los idóneos para todos los casos y situaciones; Por ejemplo no son operativos en la (imposibilidad de esperar tiempos de fraguado durante la actividad).

* Recuerda no combinar anclajes y plaquetas de diferentes materiales ya que se acelera el proceso de oxidación (electrolisis).

* No apretar los anclajes demasiado, un apriete excesivo puede acelerar el proceso de oxidación entre otros efectos negativos (ajustarse al torque recomendado por el fabricante).

	ANCLAJE QUÍMICO M10 y M12. LONGITUD ÚTIL DEL TENSOR: 150 A 200 mm.
	ANCLAJE QUÍMICO M10 y M12. LONGITUD ÚTIL DEL TENSOR: 90 A 110 mm.
	ANCLAJE QUÍMICO M10. LONGITUD ÚTIL DEL TENSOR: 70 A 90 mm.
	ANCLAJE PARABOLT M10 Y M12. LONGITUD DEL ANCLAJE: 90 A 110 mm.
	ANCLAJE PARABOLT M10 Y M12. LONGITUD DEL ANCLAJE: 70 A 90 mm.
	SPIT INOX Y SPIT AUTOPERFORANTE M-8. LONGITUD ÚNICA.
	LONG LIFE Y SIMILARES NORMALIZADOS INOX. LONGITUD ÚNICA.



ANEXO 02:

EJEMPLO DE DATOS DE CAPACIDAD DE UN ANCLAJE:

DATOS DE CAPACIDAD								
Métrica de la varilla de anclaje (mm)			M8	M10	M12	M16	M20	M24
Carga a tracción Anclajes ASslados sin influencia de bordes hormigón	Hormigón C20/25 no fisurado de (M8: $s \leq 3$ hef, $c \geq 1,5$ hef M10-M24: $s \geq 2$ hef, $c \geq 1$ hef	Nzul (kN) = C20/25 50°C/80°C	7,9	11,9	15,9	19,8	29,8	35,7
Carga a cortadura Anclajes ASslados sin influencia de bordes de hormigón	Hormigón C20/25 no fisurado $c \geq 1,5$ hef	Nzul (kN) = C20/25	5,1	8,0	12,0	22,3	34,9	50,3
Momento flector permisible		Nzul (Nm)	10,9	21,1	37,7	94,9	185,7	320,6
Resistencia al fuego		F30 (kN)	2,3	3,64	5,26	9,79	15,28	22,01
		F60 (kN)	1,29	2,04	3,07	5,72	8,93	12,86
		F90 (kN)	0,79	1,3	2,0	3,68	5,75	8,28
		F120 (kN)	0,53	1,0	1,5	2,67	4,16	6,0

ANEXO 03:

EJEMPLO DE CARACTERÍSTICAS DE INSTALACIÓN:

CARACTERÍSTICAS							
Distancia entre anclaje mín.	S_{min} [mm]	40	45	55	65	85	105
Distancia entre anclajes ideal	$S_{cr,N}$ [mm]	240	180	220	250	340	420
Distancia al borde mín.	C_{min} [mm]	40	45	55	65	85	105
Distancia al borde ideal	$C_{cr,N}$ [mm]	120	90	110	125	170	210
Espesor de soporte mín.	h_{min} [mm]	110	120	140	160	220	260
Profundidad efectiva del anclaje	h_{ef} [mm]	80	90	110	125	170	210
Diámetro de broca - $\varnothing$	d_0 [mm]	10	12	14	18	25	28
Diámetro de corte de taladro - $\varnothing$	$d_{cut \leq}$ [mm]	10,5	12,5	14,5	18,5	25,5	28,5
Profundidad de taladro mín.	$H_{0 \geq}$ [mm]	80	90	110	125	170	210
Diámetro de taladro pieza a fijar	$d_{f \leq}$ [Nm]	9	12	14	18	22	26
Par de apriete	T_{ins} [mm]	10	20	40	80	120	180
Diámetro cepillo de limpieza - $\varnothing$	D [mm]	11	13	15	19	27	29

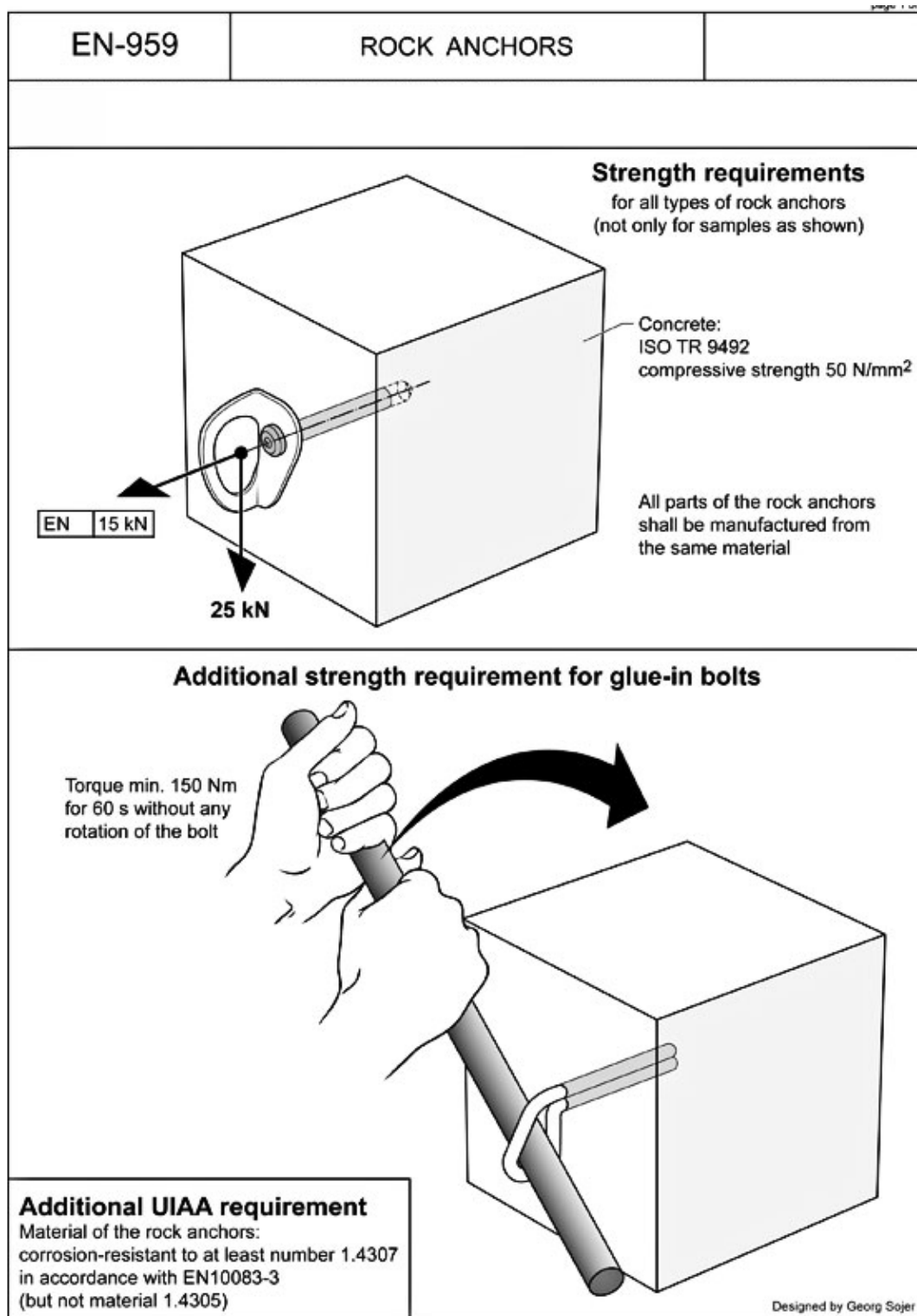
DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE INSTALACIÓN:

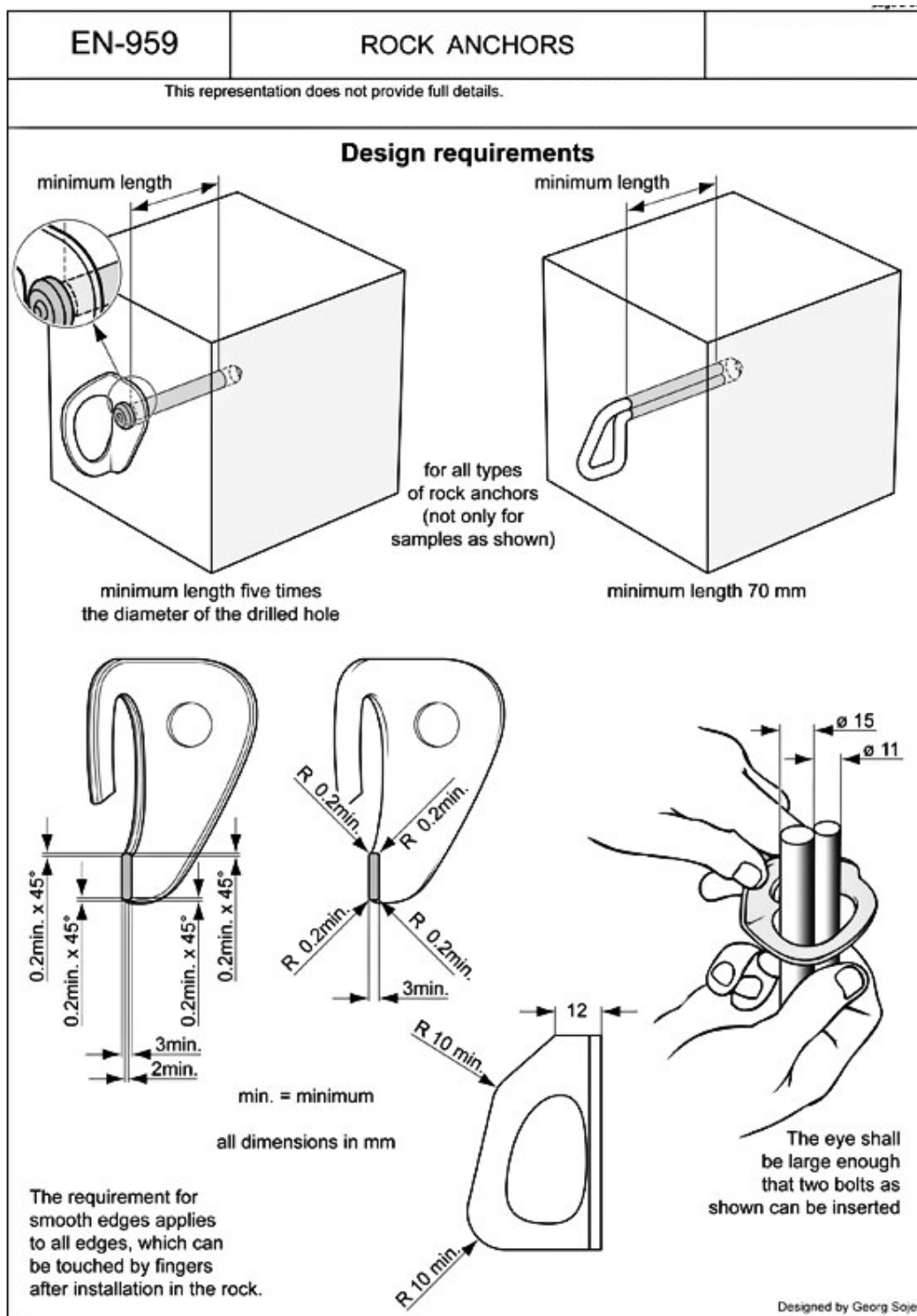
CARACTERÍSTICAS DE INSTALACIÓN		
Distancia entre anclajes mín	S_{min} [mm]	Distancia mínima que se debe respetar entre los ejes de los diversos anclajes que coincidan en un mismo soporte.
Distancia entre anclajes idea	$S_{cr,N}$ [mm]	Distancia entre los ejes de anclajes a partir de cual se obtiene el mayor rendimiento de carga.
Distancia al borde mín.	C_{min} [mm]	Distancia mínima que se debe respetar entre el eje de un anclaje y el borde de hormigón más cercano.
Distancia al borde ideal	$C_{cr,N}$ [mm]	Distancia entre eje de anclaje y borde de hormigón a partir del cual se obtiene el mayor rendimiento de carga.
Espesor de soporte mín.	h_{min} [mm]	Espesor mínimo que debe tener el soporte donde se fijan los anclajes.

Profundidad efectiva del anclaje	h_{ef} [mm]	Longitud del segmento de anclaje que absorbe el trabajo solicitado.
Diámetro de broca	d_o [mm]	Diámetro nominal de la broca a utilizar.
Profundidad de taladro mín.	H_o [mm]	Profundidad del taladro en el soporte mínimo.
Diámetro de taladro pieza a fijar	d_f [mm]	Diámetro del taladro en la pieza que se desea fijar.
Par de apriete	T_{ins} [Nm]	Indica el par de apriete con la que se debe apretar el anclaje. Necesidad de utilizar una llave dinamométrica para su medición.

ANEXO 04:

RESUMEN NORMA EN 959:2007_ ANCLAJES PARA ROCA





[illegible]