



Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo

“Determinación de resistencia de elementos no homologados para uso como líneas de vida en la industria eléctrica y de telecomunicaciones.”

Autor: Echeveste, Maximiliano

Tutor: Lic Matias Kerbs

Fecha de entrega: Mayo 2023

Índice

Índice	2
Resumen	3
Introducción.....	5
Planteo	6
Objetivos.....	6
Marco teórico y legal.....	7
Marco metodológico.....	10
Introduccion sobre el marco teórico:	12
Definiciones de seguridad para tareas en altura	18
Elementos de seguridad y sus características principales	23
Métodos de análisis del riesgo.....	34
Diagnóstico.....	39
Actualidad de las condiciones de seguridad en los trabajos en altura para el sector	39
Descripción de la mecánica de las caídas y las lesiones que se producen.....	45
Análisis de resistencia de las partes del sistema.....	48
Desarrollo analítico del problema.....	49
Ensayo del elemento.....	53
Oportunidad de mejora	57
Conclusión.....	63
Anexos I - Fragmentos de normativa técnica y legislación aplicable.....	64
Palabras clave - Definiciones técnicas.....	72
Unidades y magnitudes aplicables al objeto de estudio.....	72
Medidas de área, sección y superficies.....	74
Medidas de fuerza, aceleración y torque	76
Tipos de esfuerzos que soportan los materiales.....	78
Acero - Definiciones técnicas.....	84
Anexo II - Memoria de cálculo.....	89
Anexo III - Presupuesto de mejora por cuadrilla.....	95

Resumen

Éste trabajo de tesis se desarrolla alrededor de tareas de calle de la industria de las telecomunicaciones.

Toda la ingeniería de las telecomunicaciones y la energía eléctrica se apoya en un capital humano compuesto por diferentes trabajadores de la especialidad, de los cuales **los linieros** son la piedra angular. Ellos son los responsables de atender y reparar la red física durante las 24 horas. Dadas las posibilidades técnicas actuales, éstos operarios sujetan sus cables y sus vidas a postes, generalmente de madera, trabajando en altura, con jornadas de calor agobiante, frío extremo, y en ocasiones, con tormentas severas, con el objeto de garantizar la indispensable conexión del minuto a minuto.

La elección de éste tema intenta poner fin a una duda. En la actualidad algunos trabajadores utilizan un elemento extremadamente común y disponible en la mayoría de los frentes de trabajo para asegurarse físicamente durante el ascenso y descenso, resultando en una mejora sustancial, en caso de verificarse que su uso no entraña mayores riesgos y es seguro.

Existe al menos una empresa de telecomunicaciones líder en el mercado (TELECOM DE ARGENTINA), que incorpora éste procedimiento basado en la supuesta resistencia de éste elemento que, inicialmente, no está diseñado para dicho fin. En lo referido a las empresas de distribución eléctrica, la mayoría de las operadoras y redistribuidoras, poseen las denominadas hidrogrúas como medios de elevación hasta los puestos de trabajo. Sin embargo, existen diversas situaciones que requieren que el personal acceda por escaleras a los puntos a intervenir (por ejemplo, trabajos en zonas rurales donde la grúa no logra llegar), dejando fuera la posibilidad de una protección anticaídas adecuada, por falta de soluciones técnicas.

Éste estudio busca determinar las posibilidades reales de uso de un elemento metálico, el cual recibe el nombre de “tilla”, que se encuentra presente en la mayoría de los postes utilizados en toda la Argentina y cuya función original es la de retener y sostener cables de servicio, pero, en éste caso, actuando como punto de anclaje para la instalación de una línea de vida vertical que preste una protección anticaídas a los operarios que deban trabajar sobre un poste en cuestión. Las tillas se fabrican bajo normas específicas de resistencia y están destinadas a esfuerzos severos, sin embargo, la normativa de protección anticaída de la vida humana es exigente y debe buscarse la verificación analítica de la resistencia requerida si se pretende pensar en recomendar éste elemento para crear líneas de vida verticales para los operarios.

Se analizan algunas limitaciones objetables de la propuesta, que no dependen directamente de las conclusiones del presente trabajo pero que se relacionan necesariamente, ya que el sistema de protección contra caídas en estudio depende, como en la mayoría de otros casos, de elementos

externos o complementarios. Se esbozan análisis que, si bien exceden el objeto de ésta investigación, resultan necesarios en la búsqueda de trazar lineamientos de control sobre las condiciones de los postes de madera sobre los que se instalan los cableados (y que luego son intervenidos por el personal liniero) y sus posibilidades técnicas de resistencia subsidiaria, a efectos de evitar caer en el error de avalar un punto de anclaje que luego el poste sobre el que se monta no puede garantizar solidariamente.

Introducción

A fines del siglo XX, la internet y las comunicaciones digitales comenzaron la transformación del mundo que sólo es posible por el masivo enjambre de interconexiones físicas y virtuales que ésta tecnología requiere. Pese a la evolución de las plataformas inalámbricas tales como “Star link” y otras, en la actualidad, el soporte físico se tiende de manera manual por las ciudades, creando redes de cables y fibras que dotan de conectividad a las personas las 24 hs.

Durante el confinamiento por la pandemia de SARS COV-2 (COVID 19), la fortaleza de ésta tecnología fue puesta a prueba, conectando millones de hogares y lugares de trabajo minuto a minuto.

La ingeniería de las telecomunicaciones y la energía eléctrica es sustentada por los linieros, quienes poseen conocimientos específicos de las líneas que mantienen (de ahí el origen de su denominación), siendo personal técnico especializado que, en general, opera bajo regímenes de trabajo exigentes sobre líneas de baja tensión, media tensión y tendidos de fibra óptica o cables de señal analógica/digital. En sus tareas deben subir y bajar decenas y hasta cientos de veces en algunos casos, por escaleras, postes, alturas, que, debido a la vorágine del ritmo de trabajo, no siempre resultan seguras para estas acciones.

Por otra parte, la Superintendencia de Riesgos del Trabajo creó, en el año 2016, un manual de buenas prácticas en el que brinda recomendaciones, en algunos casos abstractas, sobre las medidas de seguridad anticaidas que se pueden adoptar en éstas tareas, por ejemplo, mencionando la conveniencia de utilizar un cinturón de liniero para mitigar la posibilidad de una caída en altura. Éste tema no pasa desapercibido por los trabajadores y los profesionales de la seguridad cuando se analiza en el campo la posibilidad cierta de realizar la tarea de éste modo, lo que termina generando que los operarios omitan ésta medida por impráctica, creando un espacio de oportunidad para la materialización del riesgo.

Planteo

Se busca dar respuesta a la interrogante: **¿Es seguro utilizar una tilla de retención de cables como punto de anclaje para instalar una línea de vida vertical para trabajos en altura sobre postes de madera de Eucaliptus Grandis?**

En caso de resultar afirmativo, se abre la posibilidad de crear procedimientos de trabajo seguro incluyendo éste elemento.

En caso de resultar negativo, se puede concluir con las prácticas no recomendables, buscando nuevas alternativas para la protección de la vida en el trabajo.

Objetivos

- Establecer, por cálculo, la resistencia de los esfuerzos compatibles con el uso como línea de vida del elemento.
- Analizar, mediante métodos cuantitativos y cualitativos, las condiciones de seguridad actuales y proyectadas en caso de ser aplicable la mejora.
- Ensayar los elementos dentro de las posibilidades técnicas locales.
- Contactar con proveedores y solicitar información de interés.
- Crear un procedimiento de uso del elemento y los equipos y EPP auxiliares, dependiendo del resultado de las valoraciones de la resistencia a determinar, a efectos de garantizar la seguridad en la línea de vida.
- Evaluar la no inclusión de nuevos riesgos y el alcance de la mejora (índice IPC o similar).

Marco teórico y legal

La normativa referida a la seguridad humana es amplia y posee cuantificaciones fundamentales para determinar con certeza si es viable el uso del elemento propuesto como punto de anclaje. De las normas técnicas y legales es posible extraer la información necesaria para poder aplicar en lo cotidiano los mejores métodos de protección y prevención de accidentes.

En éste sentido, el presente trabajo se nutre, no sólo de la ley que, en algunos casos determina exactitudes, pero también adolece de ambigüedades que dejan temas sin definir completamente, sino también de las normas técnicas de consulta, que, mediante teorizaciones y ensayos, logran establecer valores nominales, cuantificaciones aplicables a los elementos, procesos y materiales. Existe en nuestro país el IRAM (Instituto de Racionalización Argentino de Materiales) que año a año crea diferentes referencias técnicas valiosas en diversos campos y por ello es uno de los pilares de consulta, junto con la legislación nacional aplicable.

Se consultaron diversas fuentes y legislaciones, priorizando aquellas con soporte legal del estado nacional, normas nacionales (IRAM), legislación nacional y, finalmente, fuentes de terceros y normativa internacional.

Asimismo, se aprecia que existe, en algunos casos, falta de precisión técnica en la legislación de base, lo que, con el paso del tiempo, ha ido generando la necesidad de contar con documentos técnicos emitidos mayormente por IRAM, los cuales se asemejan en muchos puntos y valores a otras normas internacionales. A su vez, de estos documentos se desprenden otros, ya particulares de las empresas dedicadas a la regulación de la prestación de los servicios de distribución eléctrica y de telecomunicaciones, en forma de manuales técnicos y/o guías de contratación o licitación comercial.

La lista sobre la que se trabajó quedó conformada de la siguiente manera:

✓ **Leyes y decretos:**

Definiciones según decreto 351/79 Reglamentario de la ley 19587 de higiene y seguridad en el trabajo en sus capítulos

- Capítulo VII: "Protección contra caídas desde lugares elevados"
- Capítulo VIII: "Andamios"
- Capítulo IX: "Escaleras"
- Capítulo X: "Trabajos en cubiertas y techos"

✓ **Normativa legal internacional:**

- Normativa de Estados Unidos: La norma ANSI/ASSE Z359.1-2016 establece que los puntos de anclaje deben ser capaces de soportar una carga mínima de 5000 lb (22,240 N) por persona que se sujete a ellos.
- Normativa de la Unión Europea: La norma EN 795:2012+A1:2013 establece que los

puntos de anclaje deben ser capaces de soportar una carga mínima de 15 kN (3,372 lb o 6,674 N) para cada persona que se sujete a ellos.

- Normativa de Australia: La norma AS/NZS 1891.4:2009 establece que los puntos de anclaje deben ser capaces de soportar una carga mínima de 15 kN (3,372 lb o 6,674 N) para cada persona que se sujete a ellos.
- Normativa de Canadá: La norma CSA Z259.15-17 establece que los puntos de anclaje deben ser capaces de soportar una carga mínima de 16 kN (3,597 lb o 7,084 N) para cada persona que se sujete a ellos.
- Normativa de China: GB/T 3324-2016 "Equipo de protección personal - Dispositivos de anclaje y sistemas de protección contra caídas"
- Normativa de China: GB/T 2812-2006 "Métodos de prueba de fuerza de anclaje de sistemas de protección contra caídas"

✓ **Normativa Técnica específica:**

- IRAM 3620-1: Protección contra caídas. Parte 1: Dispositivos de anclaje.
- IRAM 3620-2: Protección contra caídas. Parte 2: Sistemas de protección personal contra caídas.
- IRAM 3620-3: Protección contra caídas. Parte 3: Líneas de vida.
- IRAM 3620-4: Protección contra caídas. Parte 4: Dispositivos de bloqueo y desbloqueo automático.
- IRAM 3620-5: Protección contra caídas. Parte 5: Sistemas de detección de caídas.
- IRAM 3620-6: Protección contra caídas. Parte 6: Sistemas de posicionamiento.
- IRAM 3620-7: Protección contra caídas. Parte 7: Inspección, mantenimiento y utilización de sistemas de protección personal contra caídas.
- IRAM 9513-1: Postes y crucetas redondas de eucalipto preservados para líneas aéreas de distribución de energía eléctrica y sistemas de telecomunicaciones.
- SAE J404 - Dureza y composición de los aceros aleados - Sociedad de Ingenieros Automotrices de Estados Unidos por sus siglas en inglés (SAE).

Nota del autor: en ocasiones las normas IRAM hacen referencia a normas internacionales, más fáciles de acceder, puesto que las IRAM son de pago y se encuentran de manera gratuita de manera eventual y a veces en ediciones parciales. En este caso se tomó la norma SAE, si bien existe la norma IRAM 2198 que detalla los mismos elementos, dado que el acero a nivel internacional se comercializa y controla mediante el estándar impuesto por SAE por tratarse de una norma de origen estadounidense.

✓ **Manuales técnicos y de procedimientos:**

- Reglamentación líneas aéreas exteriores de baja tensión - Asociación Eléctrica Argentina - (AEA)

- Líneas aéreas de baja tensión con conductores pre-ensamblados - Empresa provincial de energía de Córdoba - ET1005 (27/11/1998)
 - Prácticas recomendadas para trabajos en altura - Instituto argentino del petróleo y del gas - 06/2012/-00
 - Normas técnicas y de procedimientos en la ejecución de obras electromecánicas en cercanías de otros servicios públicos - Empresa provincial de la energía de Santa Fé.
 - Especificaciones técnicas postes de madera - Grupo EPM (Medellín).
- ✓ **Apuntes técnicos sobre unidades y magnitudes, resistencia de materiales y otros elementos de interés para el trabajo de investigación:**
- Trabajo práctico N° 8 - 2do año ing. civil. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rosario - Departamento de Ingeniería Civil
 - Tipos de esfuerzos, cátedra estructuras -ingeniería Civil - UTN FR Rosario.
 - SIMELA, unificación en la escritura de unidades, de aplicación en todo el ámbito de la facultad regional Concordia - UTN - Daniel Pablo Duran, integración eléctrica I, fundamentos de informática, sistemas de potencia.
 - Trabajos en alturas - MSA fail protection, ing. Yalil Bismarji - 2014
 - Clasificación de los aceros, Materiales Metálicos, Ingeniería mecánica UTN Fr Tucumán, Ing. Víctor Gómez

Marco metodológico

Diseño y tipo de investigación

El presente trabajo se realizó bajo diversas modalidades interrelacionadas considerando que un enfoque unidireccional manifiesta limitaciones al momento de responder a la hipótesis central. En éste sentido, resulta necesario acceder a las situaciones reales de trabajo de distintas empresas para adquirir la dimensión más representativa posible de las condiciones productivas que se pudieran servir de las posibles mejoras emanadas de éste estudio.

Es una investigación de carácter positivista, que, a efectos de determinar las posibilidades de aplicación de los elementos, requiere el análisis cuantitativo de las condiciones, basándose en normas conocidas y con parámetros técnicos medibles, haciendo necesaria la incorporación de un profesional con incumbencias específicas en el área del cálculo estructural, a efectos de contrastar las realidades (no medidas con anterioridad) con las normativas aplicables, con el objeto de arribar a una conclusión plausible.

En línea con esta idea, se planificó la realización de un ensayo con características empíricas más que normativas, por lo que, en conjunto, se considera que el tipo de investigación es de carácter exploratorio en lo teórico y en lo práctico.

Unidad de análisis

La unidad de análisis es el conjunto conformado por los elementos necesario para la portación, sostén y retención de cables de energía y telecomunicaciones, que se denomina, para este trabajo, “sistema poste-tilla”, ya que el elemento tilla no puede analizarse por sí solo, porque pudier verificar condiciones de resistencia mecánica adecuadas para ser utilizado como punto de anclaje anticaídas, pero al estar necesariamente vinculado a los postes que lo portan, se debe considerar el todo como un sistema relacionado. Dentro del análisis y de acuerdo a lo expresado por los profesionales que asesoraron en éste tema y los responsables del cálculo de resistencia del sistema en hipótesis, se incluyeron los cables de conducción eléctrica de baja tensión, del tipo pre ensamblados, en la configuración más exigente para el sistema “poste-tilla” a evaluar.

VARIABLES DE ESTUDIO

- Condiciones de trabajo sobre postes de dos empresas de telecomunicaciones y una de distribución de energía en la ciudad de Concordia, Entre Ríos.
- Métodos de abordaje del riesgo de caída en altura desde postes de las diferentes empresas.
- Condiciones de los sistemas tilla-poste intervenidos por estas empresas.

Hipótesis planteada

Es viable utilizar un conjunto poste-tilla como punto de anclaje de donde fijar una línea de vida vertical, a efectos de ser utilizada como medio anti caídas desde escaleras y postes de madera por los trabajadores de líneas eléctricas y de telecomunicaciones.

Objetivo general

Dilucidar la validez de la hipótesis y, posteriormente, crear un procedimiento de uso con las características cuantitativas y cualitativas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores que ejecuten trabajos donde el sistema pueda ser aplicado.

Objetivo secundario

Determinar los casos en que pudiera ser aplicable, estableciendo las restricciones existentes a efectos de intentar tomar ésta medida superadora a la realidad general.

En caso de no ser aplicable en lo absoluto, dictar la nulidad de la recomendación para las empresas que la apliquen actualmente y difundir los resultados en la comunidad técnico-productiva para mitigar la posibilidad de siniestros relacionados al método.

Introducción sobre el marco teórico:

A efectos de no sobrecargar esta sección del documento, las definiciones de las unidades metrológicas necesarias se adjuntan como anexo del presente trabajo. Entre ellas se mencionarán unidades de medida, de fuerza y torque, magnitudes físicas y otras expresiones utilizadas habitualmente en el ámbito técnico.

Con esta aclaración realizada, se inicia el tema de estudio, con un desarrollo sobre los dos materiales principales que componen el conjunto poste tilla, que constituye la unidad de análisis sobre la que gira este trabajo.

Características de los materiales estudiados:

Madera (elemento “poste”):

La madera es un material apto para estructuras de bajo porte en función de su tensión admisible, la norma IRAM 9513 determina para Argentina, las condiciones técnicas necesarias para el uso del mismo en postes para tendidos de cables y conductores diversos.

El material crece de manera natural y/o con ayuda del hombre y se conocen cientos de especies con diferentes comportamientos según su naturaleza. Las hay más rígidas, flexibles, de crecimiento rápido o lento, con diferentes capacidades de retención de humedad y con propiedades cuantificables según la variedad.



Sin datos del autor (Internet)

*Para el desarrollo de este estudio, se mencionan exclusivamente los postes de madera de eucaliptus curado, los cuales conforman el sistema de postes para cableados utilizado en el país e incluso en Sudamérica, los cuales se componen de las variedades *Eucalyptus grandis* o *Eucalyptus saligna*.*



Ejemplos de postes curados en uso para telecomunicaciones (fotografía propia)

Por tratarse de un material de origen natural, se establecen diversos posibles defectos tales como daños por insectos, nudos, curvas, torceduras, rajaduras y otros muy específicos que pueden, en función de determinados parámetros ya establecidos en las normas técnicas, afectar su resistencia.

Contemplando que estas características excluyentes forman parte de los procesos de licitación y compra por parte de las prestadoras de servicio, se considera que dichos vicios han sido evaluados en el momento de la adquisición de los postes y no se realizarán esfuerzos en este sentido, salvo el ítem “insectos”, que es de interés para la investigación, dado que su aparición es un fenómeno posterior y que puede afectar el comportamiento de la madera y por ende su resistencia estructural.

Poste de madera para uso en líneas de energía y telecomunicaciones: Los postes más utilizados en nuestro país en general y en nuestra zona en particular, son de eucaliptus curados, de la variedad *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus saligna*. Éstos postes se cosechan en faenas forestales a

efectos específicos, dado que deben reunir características especiales en tanto a su diámetro y altura, con el fin de ser utilizados en la industria. Generalmente oscilan entre los 5 y los 14 metros dependiendo del destino de uso, estando en la actualidad impregnados de tratamientos químicos que buscan combatir la proliferación de hongos de la madera, humedad que pueda afectar la resistencia estructural y la instalación de insectos xilófagos (consumidores de madera) que resientan la fibra en zonas hasta comprometer también las estructuras portantes propias de este tipo de soportes.



Daños por insectos (primera foto corresponde a un poste de telecomunicaciones real en la ciudad de Concordia)

Adicionalmente, se encuentran estudiadas las condiciones externas a las resistencias de trabajo y de rotura, otras condiciones tales como: fracturas transversales por accidentes, introducción y colonización por insectos xilófagos que degraden la fibra y estructuras del poste en su infección, putrefacción de la madera por acción de la humedad del piso y el clima, hongos etc.

Todos estos factores afectan de manera determinante las resistencias de los postes y son objeto de control por parte de las empresas que trabajan con este tipo de instalaciones, como parte de sus políticas de seguridad.

*Desde el punto de vista de la resistencia estructural de los postes de *Eucaliptus grandis*, la norma IRAM 9513, determina los valores de resistencia a la carga horizontal, clasificando los postes en diferentes tipos desde el 1 hasta el 10 de manera decreciente y asociado a su resistencia.*

Sin embargo, dado que los esfuerzos del caso de estudio son complejos, ésta información será utilizada para la realización de un cálculo específico que determine los esfuerzos posibles en las condiciones particulares que se plantean, ya que la tabla no está pensada para aportar éste dato de manera directa.

Tabla 2 - Clases

Clase	Carga horizontal (kN)
1	20,02
2	16,50
3	13,30
4	10,68
5	8,45
6	6.67
7	5.34
9	3.29
10	1.65

Tabla de valores de carga horizontal para postes de madera de Eucaliptus

Resulta necesario expresar que se verifica en el **manual de buenas prácticas en la industria eléctrica (SRT 2016)** que el ascenso y utilización de líneas de vida y arneses, cintos de seguridad, trepadores y otros medios de ascenso, anclaje y salva caídas, **se encuentra validado por la autoridad competente, lo que expresa claramente que el acceso y permanencia de personal sobre postes se sobre entiende como necesario** y los valores de esfuerzos que soportan los postes, se han considerado en la redacción de esta norma técnica oficial. Sin embargo, es posible acudir a otras normas más desarrolladas para obtener algunos indicios de las condiciones reales de trabajo en este aspecto.

Normas técnicas específicas determinan que los postes resultan muy resistentes, siendo su principal enemigo la humedad propia del suelo al nivel de contacto con el mismo, porque para garantizar su estabilidad y de manera general, se entierran un metro (1 m) más el 10% de la longitud total del poste (normativa interna Cooperativa Eléctrica de Concordia, Telecom de Argentina y otros), o un mínimo de 1,5 mts para postes de 9 metros, quedando esta porción de entre 1,50 y 2,10 mts, expuesta a humedades de capas superficiales de la tierra, muy comunes, sobre todo, en las provincias del centro del país.

Entre las normas principales que se pueden citar se encuentran las siguientes:

- ANSI 05.1 - Specifications and Dimensions (for Wood Poles)
- NTC 776 Postes de madera para líneas aéreas de energía. Definiciones, clasificación y métodos de ensayo.
- NTC 1056 Postes de eucalipto para líneas aéreas de energía y telecomunicaciones
- IRAM 9513 de calidad y características de postes de madera de eucaliptus.

- IRAM 9529 de resistencia a la flexión de postes de madera. (se considera el movimiento de flexión como una expresión perfectamente adecuada a los esfuerzos que soportaría un poste en caso de retener una tilla y la línea a la que un trabajador se conecte, en caso de caída del mismo)
- Reglamentación de instalación de líneas aéreas de baja tensión (BT) de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA).

Acero (elemento “tilla”):

Nota: A efectos de no recargar el marco teórico, entendiéndose que el presente texto apunta a personas con conocimientos sobre los materiales, se desarrollan exclusivamente los ítems de interés para las determinaciones técnicas relativas al objeto de estudio, quedando el resto de las definiciones técnicas inherentes al material disponibles en el anexo correspondiente.

Denominación técnico/comercial de los aceros (actualizada para Argentina): En la actualidad conviven dos maneras de designar a los aceros, la del sistema anglosajón, denominado SAE y la nomenclatura de fluencia (F) para algunos diseños más actuales.

Fluencia: Ésta característica remite al comportamiento del material a medida que se les son exigidas sollicitaciones. Durante una primera instancia, el acero pasará a deformarse de manera elástica, esto es pudiendo recuperar su estado anterior, para posteriormente pasar a un periodo de deformación plástica, a partir del cual la situación es permanente y el material se comienza a acercar al límite de rotura impuesto por sus características técnicas.

A diferencia del método nomenclador SAE, el de fluencia hace referencia directa a la dureza del material más que a su estructura fisicoquímica, sin embargo, ambas nomenclaturas dan datos fehacientes sobre la resistencia y confiabilidad de los estándares mencionados. Los aceros con denominación F, remiten a aceros laminados en caliente, este método modela la forma de las piezas, con el material a una temperatura que lo hace dúctil y le aporta propiedades elásticas y de fluencia excelentes para su aplicación en elementos estructurales, maquinaria pesada y similares, donde la resistencia y la flexibilidad sean necesarias.

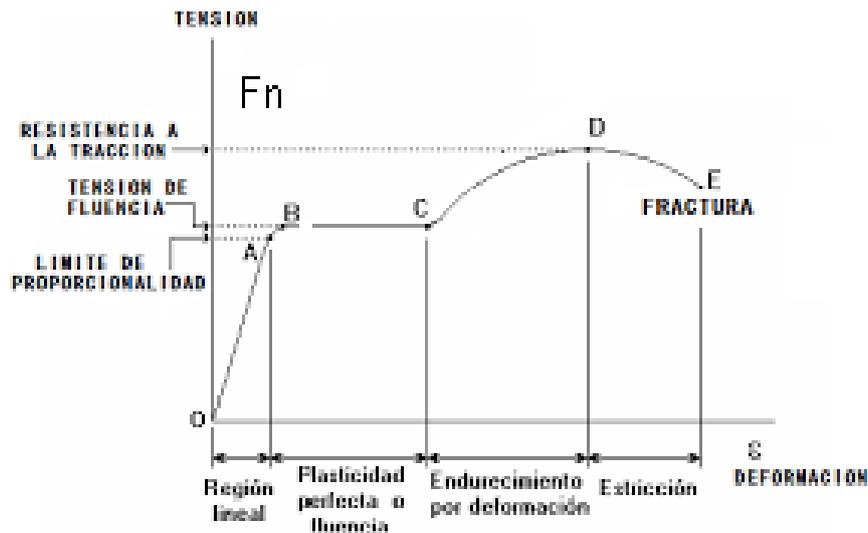


Diagrama de fluencia, relacionando la tensión con la deformación del material (Cirsoc-INTI 2005)

En el caso de los herrajes para la industria de las telecomunicaciones y la electricidad, el acero más utilizado es el SAE 1010 (Acero muy dúctil y maleable, de fácil conformación en frío y muy buena soldabilidad. Puede ser utilizado como acero de cementación; permite la estampación en frío. Bulones, ejes, cadenas, pasadores, bujes, tornillos, tuercas, acoples, racores, remaches; en estado calibrado se usa para la fabricación de ejes.) y el SAE 1038;1040, lo que indica que se trata de aceros al carbono con entre el 3,8 % y el 4% de añadido de este mineral al hierro. El uso estándar de éste tipo de acero es para varillas, bulones, rieles, engranajes y piezas que requieran alta dureza.

En la nomenclatura F, éste acero se clasifica de acuerdo al fabricante como F-24, de aplicación en elementos estructurales de mediana resistencia.

<https://www.materiales.gelsonluz.com/2020/12/sae-1038-propiedades-mecanicas-quimicas.html>

Clasificación de los aceros, Materiales Metálicos, Ingeniería mecánica UTN Fr Tucuman, Ing. Victor Gomez

Caída libre: Es el movimiento de un cuerpo con resistencia del aire de carácter despreciable, por la sola atracción del campo gravitatorio de un cuerpo, en el caso de análisis, la tierra. En éste marco la aceleración de caída de un cuerpo se asume en $9,8\text{m/s}^2$, quedando excluida de esta definición la masa del cuerpo y resultando solamente útil en caso de querer determinar la fuerza de colisión o detención, una vez alcanzado el final del recorrido. **Esto significa que todos los cuerpos aceleran en caída libre de igual manera (o sea que modifican su velocidad en el recorrido) pero que la diferencia de masa del cuerpo determinará la magnitud del impacto.**

Por ejemplo:

La velocidad final es el resultado de la aceleración de un cuerpo y su distancia del trayecto, esto se calcula mediante la fórmula de v_f .

$$V_f = \sqrt{2 \cdot a \cdot h}$$

Donde (a) representa a la constante aceleración y (h) la altura.

$$V_f = \sqrt{2 \cdot (9.8 \text{ m/s}^2) \cdot (6 \text{ m})}; \text{ luego } V_f = 10.84 \text{ m/s}$$

Hasta aquí se logra observar que un cuerpo acelerará de manera variable (desde cero hasta la velocidad final) dependiendo solamente de la distancia y la fuerza gravitatoria del cuerpo que lo atrae, en éste caso la tierra.

Luego, y una vez obtenida la velocidad final al momento de un pretendido impacto, será posible determinar la fuerza del impacto (estimada, dado que influyen muchas variables):

$$FI = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 / D$$

Donde (m) representa la masa en kg, (V) es la velocidad final, y (D) es la distancia de frenado que recorre el cuerpo después del impacto.

Ejemplo:

La fuerza de impacto de un cuerpo de 80kg de masa que cae de una altura de 6 mts y es amortiguado por una red que se hunde medio metro al momento del impacto genera una fuerza de 9408 newton.

$$FI = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot (10.84)^2$$

FUERZA DE IMPACTO = 9408 N.

SIMELA (sistema Métrico Legal Argentino), unificación en la escritura de unidades, Daniel Pablo Durán -Editorial UTN Daniel Pablo Durán Facultad Regional Concordia Universidad Tecnológica Nacional – U.T.N. Integración Eléctrica I Fundamentos de Informática Sistemas de Potencia . Wikipedia (gráficos con créditos a los autores)

Con éstas expresiones aclaradas, es viable comprender la mecánica seguida por los cuerpos en caída y los esfuerzos seguidos por los materiales que deben resistir estas solicitudes, a efectos de validar y ajustar el análisis del caso de estudio.

Definiciones de seguridad para tareas en altura

Trabajo en altura: Según el Decreto Reglamentario 351/79 de la República Argentina, se entiende como trabajo en altura a cualquier actividad que se realice a una altura superior a dos metros (2 mts.) respecto del nivel inferior inmediato, en la que exista riesgo de caída que pueda provocar lesiones a los trabajadores. Ésta definición incluye tanto trabajos realizados en estructuras fijas (edificios, puentes, torres, entre otros) como en estructuras móviles (grúas, andamios, plataformas elevadoras, etcétera). Además, el decreto estipula que todo trabajo en altura debe ser realizado con las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes.

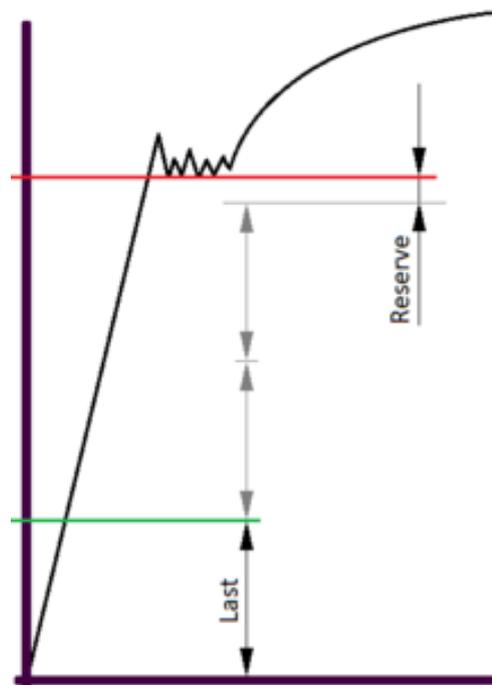
Paralelamente, se establece y decanta de esta legislación que la distancia máxima a recorrer por una persona en caída libre no debería exceder la distancia mencionada a efectos de mitigar la posibilidad de lesiones derivadas de la detención brusca o por encontrar interferencias en la caída.

Sistema de detención de caídas: Son los medios destinados a proporcionar una protección contra caídas que consiste en anclajes, absorbedores de energía, conectores de doble acción o de traba y un arnés de contención corporal completa, e incluyen algún tipo de amarra, línea de seguridad o combinación de ambas.

Punto de anclaje estructural: Es un medio seguro de fijación al cual se conecta el sistema de detención de caída personal. Los anclajes sirven para fijar o conectar los equipos anti caída a una determinada estructura. Deben garantizar una resistencia adecuada para poder detener una caída. Para cada estructura, industrial, instalación y trabajo en altura, existe un tipo de anclaje diferente.

Resistencia de los puntos de anclaje: Los puntos de anclaje deben ser capaces de soportar una carga mínima de **2268 kg** para cada persona que se sujete a ellos. Además, la carga máxima permisible en los puntos de anclaje debe estar claramente indicada y no debe excederse en ningún momento.

Coefficientes de seguridad: El coeficiente de seguridad (también conocido como factor de seguridad) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.



En rojo la tensión máxima que soporta el material, más allá del cual, comienza la deformación permanente y posterior ruptura, en verde un valor dado en la zona de seguridad elástica.

Métodos de determinación de la seguridad en los materiales: Desde el inicio de la ciencia como tal y de la ingeniería en particular, se han venido desarrollando diversos métodos de determinación para cuantificar la resistencia de los materiales, a efectos de salir de la zona de incertidumbre.

Ejemplos:

a) **El Método de imitación del éxito.** También denominado método romano. Apuntaba (y en algunos casos aún lo hace) a reproducir los casos constructivos que han tenido éxito y han durado. Fue registrado por Vitruvius (en el siglo I antes de Cristo) como ya era conocido por los macedonios en el siglo III antes de Cristo.

b) **El método del Factor de Seguridad de Carga**, denominado también método de Pilos de Bizancio (datado en el siglo III AC). La esencia de este método involucra establecer la relación entre la carga de pérdida de una función (resistencia, desplazamiento máximo, etc.) y la carga impuesta.

c) **Métodos actuales estocásticos**, el término estocástico se aplica a procesos, algoritmos y modelos en los que existe una secuencia cambiante de eventos analizables probabilísticamente a medida que pasa el tiempo, basados en ensayos y consideraciones de índole estadística, que contemplan además las desviaciones estándar y diversas variables en la fabricación de los materiales evaluados. De ahí el término estocástico. *UTN-FRBB Cátedra: Elementos de Máquinas. Profesor: Dr. Ing. Marcelo Tulio Piovan / Wikipedia*

En la República Argentina los coeficientes de seguridad mínimos para elementos asociados a la protección anti caídas de personas son:

- Cinturones de seguridad: 2,5.
- Líneas de vida: 2,5.
- Anclajes: 4.
- Mosquetones: 4.
- Dispositivos de anclaje móviles: 4.

Ejemplo práctico:

Suponiendo un caso hipotético en el que tenemos un punto de anclaje utilizado para la protección contra caídas en altura en una obra en construcción y se requiere calcular el coeficiente de seguridad del mismo. Para ello, y considerando diversos factores como la resistencia del punto de anclaje y las cargas máximas a las que estará sometido, y que luego de realizar las pruebas correspondientes se ha determinado que el punto de anclaje puede soportar una carga máxima de 1.000 kg. De acuerdo a la normativa IRAM 3621:2006, el coeficiente de seguridad mínimo para anclajes es de 4. Por lo tanto, para calcular el coeficiente de seguridad de este punto de anclaje, se

debe dividir la carga máxima que puede soportar (1.000 kg) por el coeficiente de seguridad mínimo (4). Luego:

- Coeficiente de seguridad = Carga máxima / Coeficiente de seguridad mínimo
- Coeficiente de seguridad = 1.000 kg / 4
- Coeficiente de seguridad = 250 kg

En éste ejemplo, el coeficiente de seguridad obtenido para el punto de anclaje es de 250 kg. Esto significa que el punto de anclaje cuenta con un margen de seguridad de 250 kg por encima de la carga máxima que puede soportar, lo cual cumple con el coeficiente de seguridad mínimo establecido por la normativa IRAM 3621:2006.

Inspección y mantenimiento: Los puntos de anclaje deben ser inspeccionados antes de cada uso y sometidos a pruebas de carga periódicas para garantizar su integridad y capacidad de carga. El mantenimiento debe ser realizado por personal capacitado y debe seguir las recomendaciones del fabricante.

Certificación: Los puntos de anclaje deben ser certificados por un organismo acreditado antes de su uso y deben ser instalados por personal capacitado y experimentado en trabajos en altura, en Argentina de acuerdo a la norma IRAM 3261:2006.

Identificación: Los puntos de anclaje deben estar claramente identificados y marcados con información como la carga máxima permisible, la fecha de instalación y la fecha de la última inspección.



Punto de anclaje de industria nacional con certificación IRAM



Punto de anclaje español con certificación UNE-EN795



Cáncamo de 0.7 Ton.

Absorbedor de energía (de choque): Es un componente del sistema de detención de caídas diseñado para disipar la energía y limitar las fuerzas de desaceleración impuestas al cuerpo al detener la caída libre.

18mm Cód: 30150006
Cola de amarre anticaída elastizada 1.5 mt con amortiguador y mosquetones de 18mm



55mm Cód: 30150008
Cola de amarre anticaída elastizada 1.5 mt con amortiguador, un mosquetón de 18mm y otro de 55mm.



110mm Cód: 30150010
Cola de amarre anticaída elastizada 1.5 mt con amortiguador, un mosquetón de 18mm y otro de 110mm.



ESPECIFICACIONES GENERALES

Elementos de seguridad y sus características principales

Arnés de seguridad: Es un componente del sistema de detención de caída con un diseño de correas que se fijan en torno al cuerpo del operador de modo de contener su torso y distribuir las fuerzas de detención de caída por sobre, al menos, la parte superior de los muslos, la pelvis, el tórax y los hombros, con medios para fijarlo a otros componentes o subsistemas.



Arnés de fabricación nacional (Caran)

Línea de seguridad (cabo de vida) Es una línea flexible para ser conectada a un punto de anclaje y colgar verticalmente (línea de seguridad vertical) o para su conexión a puntos de anclaje por ambos extremos, a fin de que se estire horizontalmente (línea de seguridad horizontal) y que sirve como medio de conexión al punto de anclaje para otros componentes del sistema de detención de caída personal.

Cabo de vida: Es un componente del sistema de protección contra caídas que consiste en una única línea, cuerda o correa flexible que generalmente tiene un dispositivo de conexión en cada extremo (mosquetón) y un absorbedor de energía para fijar el arnés completo a un Punto de Anclaje Estructural.



cabos de vida con absorbedor en formato doble (izq) y simple cuerda (derecha)

Cabo de Amarre o cinturón de liniero: Es un componente del sistema de protección contra caídas que consiste en una única línea, cuerda o correa flexible que generalmente tiene un dispositivo de conexión en cada extremo (mosquetón), sin absorbedor de energía, sirve para el posicionamiento del operario para permitirle trabajar con las dos manos libres. No es un sistema de protección contra caídas, debe ser complementado con un cabo de vida.



Salvacaídas deslizante tipo T4: Es un dispositivo con función de bloqueo automático y sistema de guía. El dispositivo se desplaza a lo largo de una línea de anclaje o línea de vida vertical (soga o cable) que se extiende a lo largo de la zona de trabajo acompañando al usuario sin requerir intervención manual durante los cambios de posición hacia arriba o hacia abajo y se bloquea automáticamente sobre la línea de anclaje cuando se produce una caída.



Equipo y ejemplo de uso de deslizante T4

Estos elementos poseen la ventaja de permitir un detenimiento casi inmediato del operario vinculado, lo que, al reducir la distancia de caída posible, repercute en una aceleración menor a otros sistemas con el consiguiente impacto reducido en la estructura de punto de anclaje y el cuerpo del operario. Si bien éste parámetro no se encuentra especificado en las fichas técnicas de los

fabricantes, el sistema de retención actúa de manera automática e inmediata ante la circulación en sentido descendente.

De acuerdo al fabricante se mencionan las aplicaciones principales para este EPP: para usar en operaciones de altura con línea de anclaje flexible (soga, diámetro: 14mm): industria en general, personal de mantenimiento, frentes de edificios, andamios, silletas, etc.

NOTA DEL AUTOR: Las cuerdas comerciales utilizadas para líneas de vida, generalmente tienen un diámetro de $\frac{5}{8}$ “ (de pulgada), lo que equivale a 1.58 cm, de diámetro efectivo por cálculo.

Material del sistema T4:

- Acero inoxidable calidad AISI 304
- Un mosquetón con rosca de seguridad que viene integrado al equipo como elemento de conexión al arnés y debe ser conectado a la toma frontal superior o dorsal superior del arnés anticaída.

NOTA DEL AUTOR: Dado que los elementos mencionados se encuentran certificados y homologados para su uso, no se avanzará en las especificaciones técnicas de los mismos por entenderse que son de uso apropiado para el fin de protección de caídas de personas.

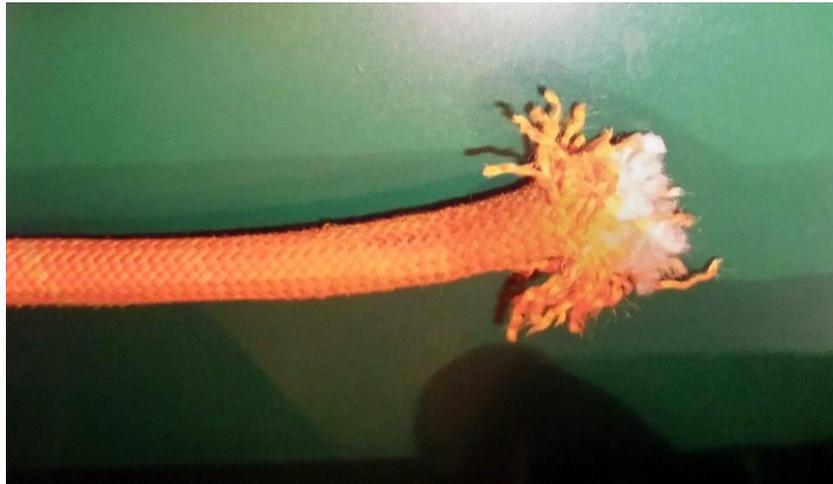
Cuerdas: Las cuerdas son elementos flexibles formados, generalmente, por un entretejido tubular de fibras sintéticas o naturales, siendo las sintéticas las más utilizadas en la actualidad. Poseen además en su interior un elemento denominado “alma” que cuenta con características estructurales específicas.

Las medidas de las cuerdas de seguridad oscilan entre los 8 mm y los 13 mm de diámetro, teniendo su capacidad de resistencia expresada en kN (kiloNewtons) al igual que otros elementos similares. Los valores de resistencia son, lógicamente, compatibles con el resto de los elementos de seguridad y de anclaje en el rubro anti caídas de personas.

Las cuerdas se clasifican en rígidas, semirrígidas y flexibles y se seleccionan de acuerdo a las necesidades de cada trabajo y situación.



Detalle de cuerda y su alma.

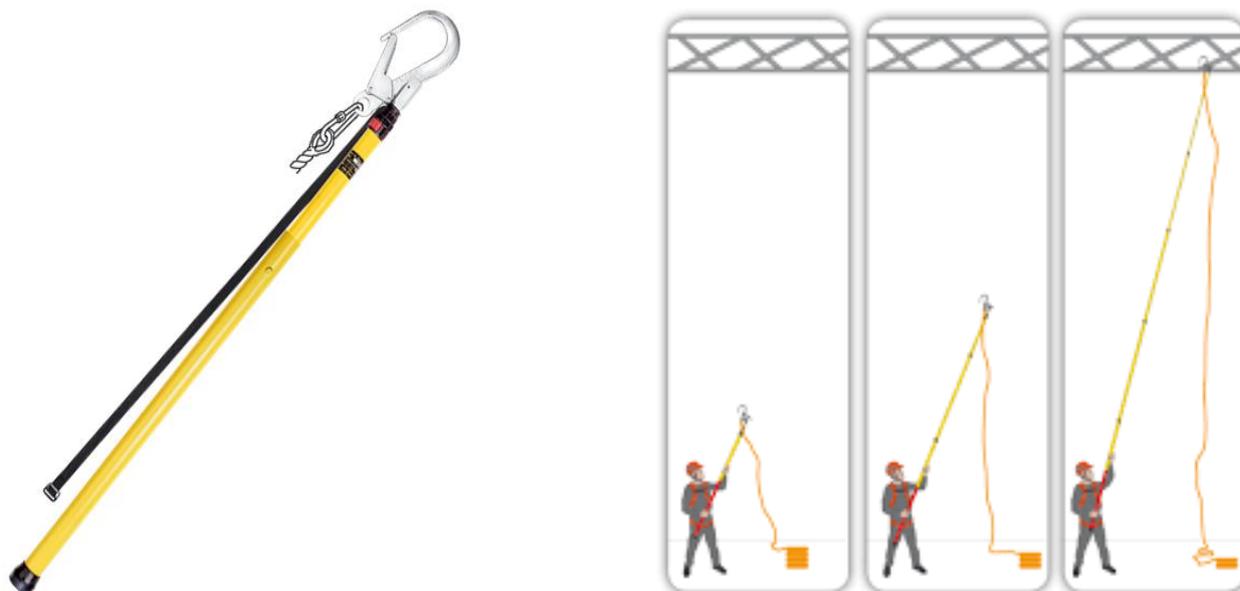


Rotura de cuerda por tracción

Salvacaídas auto-retráctil: Es un dispositivo que contiene una línea de seguridad arrollada en un tambor, que puede ser lentamente extraída de o retraída hacia el tambor por medio de una leve tracción ejercida durante los movimientos normales del usuario. La línea tiene medios para ser fijada al dispositivo de fijación para detención de caídas del soporte corporal. Al producirse una caída el dispositivo traba automáticamente el tambor y detiene la caída.



Pértiga de instalación remota de línea de vida: elemento de protección anticaídas destinado a instalar a distancia, un sistema de línea de vida, a efectos de facilitar la protección anticaídas desde el inicio de las tareas.



Equipo y ejemplo de aplicación.

Resistencia de materiales: La resistencia de materiales clásica es una disciplina de la ingeniería mecánica, la ingeniería estructural, la ingeniería civil y la ingeniería de materiales que estudia la mecánica de sólidos deformables mediante modelos simplificados. La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

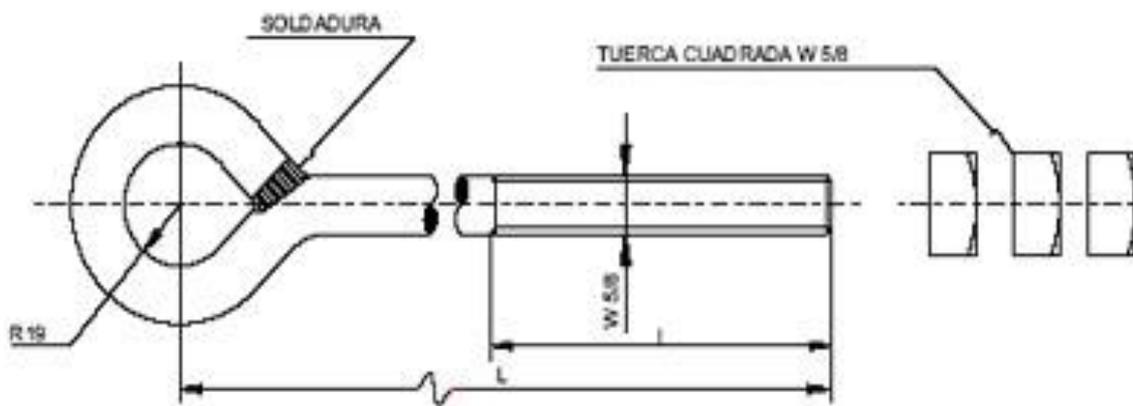
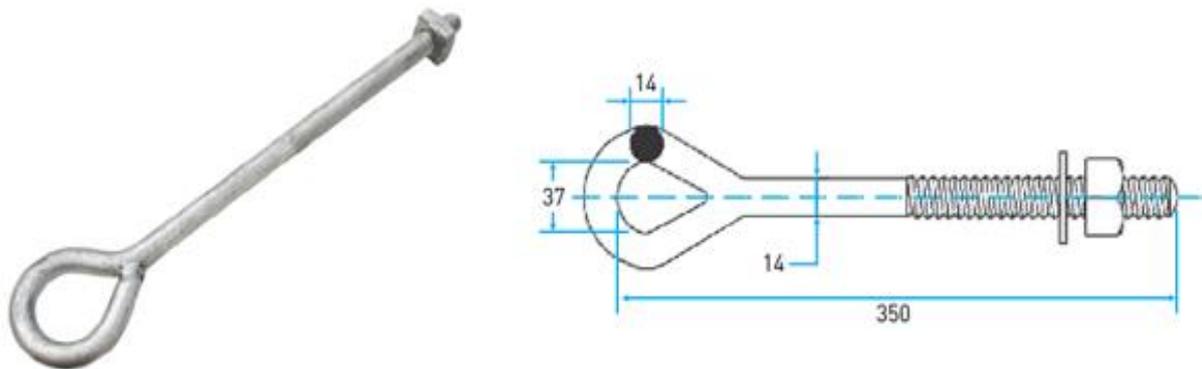
Un modelo de resistencia de materiales establece una relación entre las fuerzas aplicadas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos por ellas. Generalmente las simplificaciones geométricas y las restricciones impuestas sobre el modo de aplicación de las cargas hacen que el campo de deformaciones y tensiones sean sencillos de calcular. (wikipedia)

Resistencia mínima de punto de anclaje: De acuerdo a la normativa nacional e internacional se establece que un punto de anclaje debe soportar no menos de 22 kN kiloNewtons (de acuerdo a la norma IRAM 3062 de origen nacional), sin embargo, otras normativas admiten valores inferiores de hasta 12 kN (EN 795), por lo que se entiende que el valor de resistencia oscila entre los 1200 kg y los 2500 kg, dependiendo de la norma que se consulte. Esto significa un valor de resistencia dinámica de varias veces el peso del sujeto a proteger dado en promedio de 100 kg.

Métodos de ensayo de elementos de seguridad humana:

Tillas y herrajes del sector eléctrico y telecomunicaciones

Tilla: Elemento metálico en forma de ojal y perno o varilla roscada, que tiene por finalidad retener un cable, o algún tipo de unión estructural. (definición propia)



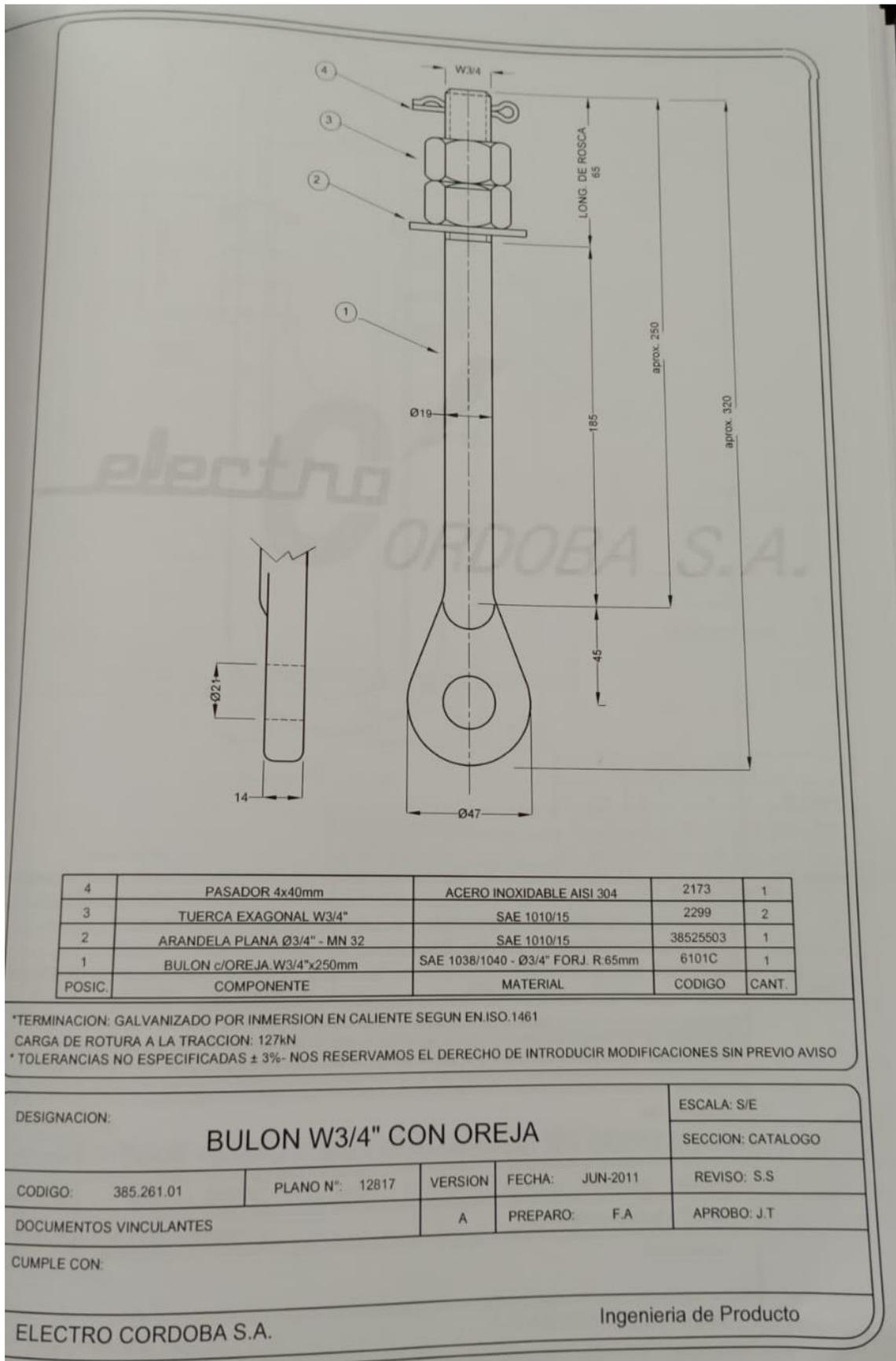
Ejemplo de tillas, elemento de retención de cables más utilizado en la industria.

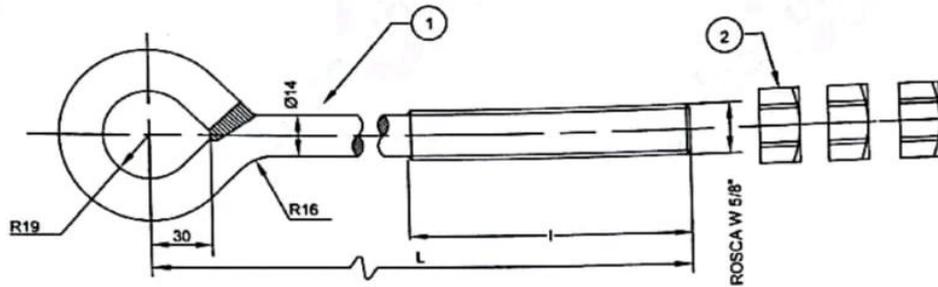
Las resistencias de éstos elementos son normalizadas y durante los procesos de compra de los materiales se especifican los valores y normas aceptables a efectos de garantizar las instalaciones, la seguridad y la estabilidad de los sistemas de transmisión.

ELEMENTO	COMPONENTE	MATERIAL	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
BULÓN 3/4" CON OREJA	CUERPO DEL BULÓN	SAE 1038/1040 3/4" FORJADO	127/KN
BULÓN 5/8" CON OREJA	CUERPO DEL BULÓN	ACERO F-24 - 14 mm FORJADO	SEGÚN CALCULO DE FLUENCIA



Tilla sobre poste de eucaliptus para soporte de cable preensamblado (foto propia)





CODIGO	DESIGNACION	L	I	PESO	DESAR.
38525679	Q 171	250±5	175±3	0.45KG	380mm
38525680	Q 172	300±5	225±3	0.55KG	430mm
38525681	Q 173	350±5	275±3	0.62KG	480mm
38525666	MN 514	400±5	325±3	0.67KG	530mm
38525646	MN 508	450±5	375±3	0.74KG	580mm
38525647	Q 176	500±5	425±3	0.80KG	630mm

2	TUERCA CUADRADA GALV. W5/8"	ACERO F24	3
1	CUERPO TREF. Ø14	ACERO F.24	1
N°	COMPONENTE	MATERIAL	CANT.

MATERIAL: ACERO F.24 - Ho TREFILADO Ø 14mm	TERMINACIÓN: CINCADO EN CALIENTE S/ EN.ISO.1461
PESO: SEGÚN LARGO	

TOLERANCIA +/- 3% - NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE INTRODUCIR MODIFICACIONES SIN PREVIO AVISO

DESIGNACION:		TILLA CON OJAL DE 5/8"		ESCALA: S/E
				SECCIÓN: CATALOGO
CÓDIGO: VER TABLA	PLANO: 12820	FECHA: NOV/10	REVISIÓN: S.S	
DOCUMENTOS VINCULANTES:		PREPARÓ: F.A	APROBÓ: J.T	
CUMPLE CON:				
ELECTRO CORDOBA S.A.			Ingeniería de Producto	

DOSSIERB-PLANOS DE CATALOGO MT Y BT\12820.dwg

Características y especificaciones de las tillas de uso más frecuente.

Cables tipo pre-ensamblados: Estos cables de uso habitual en la distribución de energía eléctrica en baja tensión (BT) se fabrican usualmente en aluminio o cobre y poseen una vaina protectora gruesa y resistente a los elementos, el manipuleo y la instalación en general.



Existen diferentes configuraciones de acuerdo a las necesidades de distribución, teniendo en cuenta la resistencia mecánica del elemento (necesaria para calcular los vanos entre postes), la circulación de corriente que es capaz de satisfacer y otras variables de interés para las empresas distribuidoras.

Hay tablas normalizadas que determinan los valores de uso más comunes y requeridos, entre los que se cuentan el peso por km (kg/km), de utilidad para este trabajo.

IRAM 2263				
Características mecánicas (IRAM)				
Sección nominal	Diám. exterior aprox. de cada conductor	Diám. exterior aprox. del conjunto	Masa total aprox. (4)	Carga de rotura del neutro portante (5)
Nº x mm ²	mm	mm	kg/km	daN
1x16/16(1)	7,5/7,7	15	140	445
1x25/25(1)	9/9,5	19	220	712
1x35/35(1)	10,5/11	22	300	978
1x50/50(1)	11,5/12,5	24	395	1405
3x1x16/16(1)	7,5/7,7	19	285	445
3x1x25/25(1)	9/12,5	26	515	1405
3x1x35/35(1)	10,5/12,5	29	635	1405
3x1x50/50(1)	11,5/12,5	30	755	1405
3x1x70/50(1)	13,7/12,5	34	960	1405
3x1x95/50(1)	16/12,5	37	1250	1405
3x1x120/70(1)	17,1/14,7	41	1520	1933
3x1x150/70(1)	18,9/14,7	43	1790	1933
3x1x185/70(1)	20,5/14,7	46	2120	1933
3x1x185/95(1)	20,5/17	48	2240	2656
3x1x25/25(2)	9/12,5/9	26	620	1405
3x1x35/35(2)	10,5/12,5/9	29	745	1405

Detalle de pesos por km de los conductores más pesados utilizados normalmente en la industria.

Tabla técnica provista por Coop. Eléctrica y otros servicios de Concordia Ltda.

De esta tabla surge que los pesos por cada 100 mts de los conductores más utilizados son: 75 kg/100 mts; 129 kg/100 mts y 179 kg/100 mts. para distribución de energía eléctrica en baja tensión.

Escaleras: Son elementos que incorporan dos largueros longitudinales (por definición) surcados por peldaños que permiten la escalada de los usuarios, permitiendo el acceso a zonas elevadas. Cabe destacar que, de acuerdo a la ley argentina, no se constituye en un elemento de permanencia sino de tránsito desde la parte baja a la elevada y viceversa.

Se fabrican de diversos materiales como madera, aluminio, fibras de vidrio y carbono y acero, siendo las más comunes las de madera y las compuestas de fibras de vidrio y aluminio.

Desde el punto de vista de la resistencia, con los cuidados adecuados, son elementos durables y aplican normas de conservación para evitar su deterioro.

La normativa nacional prohíbe que se pinten (en el caso de las de madera) y establece algunos criterios para admitir o desechar su uso, dada la relación que tienen estos elementos con la prevención en la aparición de caídas en alturas.



Existen modelos de largueros de fibra de vidrio y peldaños de aluminio, extensibles a diferentes longitudes, que son las preferidas en el ámbito de la distribución de energía y las telecomunicaciones debido a su bajo peso, diseño extensible y buena resistencia mecánica al traslado y uso. Muchos modelos incorporan ciertas capacidades dieléctricas o parcialmente aislantes, lo que las hace de uso preferencial en tareas con riesgo de choque eléctrico.

En lo referido a las características técnicas, estas varían ligeramente de fabricante en fabricante, pero en líneas generales, se establece que poseen un peso de entre 15 a 25 kg, dependiendo de la longitud de escalones que cubran, lo que determina igualmente su altura máxima.

Escaleras móviles: Dispositivo de estructura rígida conformado por una sucesión de peldaños horizontales que permiten el ascenso y descenso de personas de un nivel a otro.

Escaleras extensibles: Son aquellas provistas de un dispositivo que permite extender su longitud primaria.

Escalera vertical: Su finalidad es acceder a niveles superiores e inferiores a los de trabajo.

Métodos de análisis del riesgo

Definiciones

Peligro: es una situación que produce un nivel de amenaza a la vida, la salud, la propiedad o el medio ambiente. Se caracteriza por la viabilidad de ocurrencia de un incidente potencialmente dañino.

Riesgo: El riesgo se define como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.



Infografía de 3tres3LATAM

Incidente: situación fuera del estándar de ocurrencia de las tareas y/o procesos que no deja inicialmente daños físicos y/o materiales.

Accidente: Evento (suceso o cadena de sucesos) no planeado, que ocasiona lesión, enfermedad, muerte, daño u otras pérdidas.

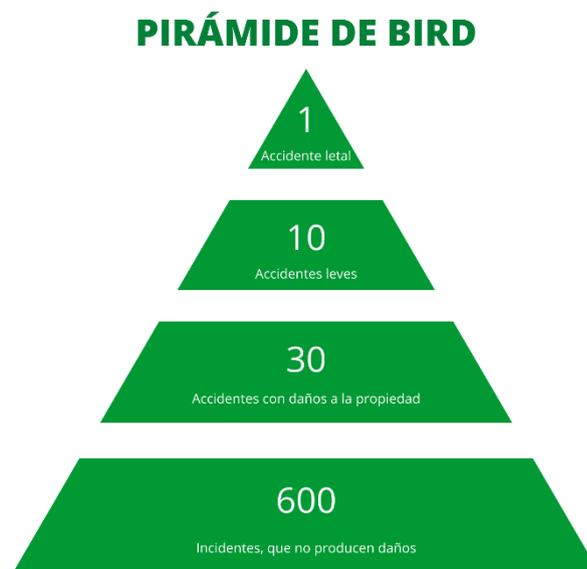
De éstas definiciones se logra avanzar en la diferenciación de conceptos, mientras que el peligro refiere a la existencia de un elemento potencialmente nocivo, el riesgo valora ya su probabilidad de ocurrencia y el daño que es capaz de producir. De éstas características se valen la mayoría de los métodos de análisis cuantitativos utilizados en la especialidad de higiene y seguridad

para perfilar los riesgos y adoptar medidas preventivas en función del valor de impacto sobre el trabajador, tarea o proceso estudiado.

Pirámide de Bird: Durante la década del 60 el ingeniero Frank Bird realizó un estudio estadístico en base a un amplísimo muestreo de más de 1.750.000 casos de incidentes y accidentes de diferente magnitud, con el objeto de buscar establecer una relación entre el número de incidentes ocurridos, los accidentes graves y los mortales. De este estudio surgió el gráfico de la pirámide de Bird, cuya utilidad y difusión son muy aceptados en la industria de la seguridad laboral. Los resultados de este análisis concluyeron que dada una alta cantidad de incidentes no reportados y/o intervenidos, aparecen progresivamente un número menor pero cada vez más grave de accidentes hasta culminar en un número estadísticamente determinado de fallecimientos relacionados a los incidentes no reportados o controlados.

La proporción propuesta es de 600 incidentes no controlados, 60 accidentes leves, 10 accidentes graves y 1 muerte.

Teniendo en cuenta la gran acumulación de incidentes que ocurren día a día en la industria en general, se puede ver rápidamente la relación de esta teoría con la realidad. Por lo que resulta indispensable establecer mecanismos de controles preventivos, basados además en el espíritu de la ley de riesgos del trabajo 25557 de la República Argentina y sus equivalentes internacionales, a efectos de mitigar las probabilidades de ocurrencia de siniestros de mayor importancia y riesgo para la vida humana



Englobados y relacionados con estos conceptos aparecen las definiciones de política de gestión SySO (por Salud y Seguridad Ocupacional) y los procesos de mejora continua, que no son más que sistemas de gestión aplicados a la prevención de accidentes y enfermedades profesionales,

objetivo principal de las gestiones de seguridad e higiene en el trabajo y las legislaciones que avalan y promueven esta actividad dentro del espacio productivo de la sociedad.

Con este concepto presente, el planteo de la revisión de las realidades productivas mediante métodos analíticos, permite optimizar los procesos, tareas y espacios de trabajo, buscando mitigar el impacto de los riesgos asociados a estas actividades de manera significativa, con el consiguiente impacto positivo en las organizaciones.

Paralelamente, el proceso de mejora continua, obliga a los profesionales, empleados y directivos de las organizaciones a mantener actualizado el estándar de gestión, cumpliendo los plazos y medidas propuestas, re evaluando y corrigiendo aquellas que no ofrezcan resultados positivos o cuyo impacto en relación a las inversiones o esfuerzos realizados no rindan los frutos esperados.



Gráfico de resumen de la planificación SySO extraído de la norma IRAM 3800

Cumplimentación legal y formal: la implementación de controles y auditorías, solo puede ser satisfecha mediante la cumplimentación del registro escrito y/o documental de las medidas propuestas y las capacitaciones y modificaciones necesarias para alcanzar los fines planteados. Por ello es que toda medida debería tener reflejo en, al menos, una acción registrable, ya sea en forma de capacitación, difusión de nuevas formas de trabajo, entrega de los elementos necesarios para la mejora planteada etc. Éstos registros, además de proveer soporte documental ante posibles requerimientos del estado, las aseguradoras y la justicia, permiten trazar el camino desde el planteamiento del objetivo hasta su consecución o, llegado el caso, la modificación de los métodos, procesos e incluso una actualización de los objetivos, todo en forma de mejora continua, análisis y retroalimentación permanentes.

Mapa de riesgos: Es una evaluación de las posibilidades de impacto sobre el personal y/o los procesos, que surge en forma de análisis inicialmente cualitativo, en el que el profesional de HyS

recorre los diferentes sectores de una organización, observando, clasificando y valorando los riesgos presentes.

Para la legislación argentina, el mapa de riesgos se expresa también como un documento llamado **RGRL**, derivado de la Res.463/09 (Relevamiento General de Riesgos Laborales) que, mediante un cuestionario tipo check list, recorre los diferentes posibles riesgos de una organización, creando un perfil del establecimiento relevado que reviste carácter de declaración jurada ante el estado nacional. Además, incorpora diferentes regulaciones legales a ésta valoración, por ejemplo, registro de sustancias cancerígenas, registro de accidentes mayores y otros.

CAIDA DE PERSONAS:		SI	NO	N/A	FECHA	NORMATIVA VIGENTE
43	Proteger aberturas en pisos con cubiertas o barandas 1 m de alt., travesaños y zócalo					Art. 52 inc.a) Cap. 6 Dec. 911/96
44	Proteger aberturas en paredes exteriores c/ barandas 1 m de alt., travesaños y zócalo					Art. 52 inc.b) Cap. 6 Dec. 911/96
45	Sin barandas, colocar redes salvavidas a 3,00 m por debajo del plano trabajo					Art. 52 inc.c) Cap. 6 Dec. 911/96
46	Identificación y señalización de los lugares que presenten riesgo de caídas de personas					Art. 52 inc. d) Cap. 6 Dec. 911/96
47	Riesgo de caída al agua proveer chalecos salvavidas, redes, botes					Art. 53 Cap.6 Dec.911/96
RIESGO DE CAIDA A DISTINTO NIVEL:		SI	NO	N/A	FECHA	NORMATIVA VIGENTE
48	Cuando se circula o trabaja a una altura de 2 m o más respecto del plano horizontal más próximo					Art. 54 Cap. 6 Dec. 911/96
49	Obligación de protecciones según lo establecido en el Art. 52					Art. 55 Cap. 6 Dec. 911/96
50	Tareas de corta duración cinturones anclados a puntos fijos c/sujetación inercial					Art. 57 Cap. 6 Dec. 911/96

Porción de un checklist provisto por una ART del mercado nacional donde se evidencia la verificación legal del cumplimiento de las recomendaciones.

Matriz de riesgos: Una vez obtenida la información inicial sobre la distribución de los riesgos en una organización, se torna necesario realizar un análisis pormenorizado acerca de las variables que intervienen en la potencial ocurrencia de los accidentes e incidentes. La matriz de riesgos es un elemento analítico que permite ordenar las tareas, relacionarlas con los riesgos que en ellas se ocultan o manifiestan y proponer medidas de control, prevención o mitigación.

Análisis IPR (índice prioridad de riesgos): Uno de los métodos de análisis principales que se utilizan en gestión de riesgos es el que relaciona la probabilidad de ocurrencia con la severidad del daño, en caso de ocurrir, y la frecuencia de la exposición al peligro. A modo de ejemplo, será diferente la calificación para un riesgo al que, por ejemplo, un empleado se expone diariamente que si lo hace una vez al mes, al año, etc.

Éste método también variará el resultado de la valoración, en caso que el daño potencial sea bajo, nulo o gravísimo.

Finalmente, una probabilidad de ocurrencia de un suceso negativo es considerada, tomando usualmente valores desde remoto hasta muy probable.

Con la combinación de estos factores, el sistema clasifica los riesgos de manera de poder determinar cuáles de ellos deben ser abordados de manera urgente, cuáles pueden ser intervenidos

con mayor plazo y cuáles son de intervención poco necesaria o que puedan responderse con tiempos programados.

Frecuencia

		Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda	
		A	B	C	D	E	
Severidad	Catastrófico	1	A	A	A	A	M
	Mortalidad	2	A	A	A	M	B
	Permanente	3	A	M	M	B	B
	Temporal	4	M	M	B	B	B
	Menor	5	M	B	B	B	B

Tabla de severidad contra frecuencia de un criterio IPR

Todas estas combinaciones se suelen expresar en una tabla de cálculo que, al ser rellenada, devuelve las cuantificaciones en forma de valores clasificables para el especialista, lo que en definitiva se convierte en un método analítico cuantitativo (pero que posee carácter cualitativo también, dado que es necesario primero recorrer el mapa de riesgo de la organización, identificando las posibles fuentes de riesgo).

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy baja (Imperceptible)	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja (Apenas perceptibles)	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias.	9-10

Ejemplo de cuantificación de gravedad para uso en un criterio IPR

Diagnóstico

Actualidad de las condiciones de seguridad en los trabajos en altura para el sector

Resulta importante recordar que existe al menos una empresa de orden nacional que utiliza puntos de anclaje sobre postes, siendo éste proceso realizado con frecuencia y teniendo los operarios los EPP y accesorios específicos para la realización del procedimiento completo de vinculación y acceso a un poste con línea de vida vertical generada de manera exclusiva para ese trabajo.

Al momento de realizar la presente investigación, concurren dos variantes operativas principales para el acceso a puntos elevados en la industria eléctrica y de las telecomunicaciones:

- 1) **Acceso por hidrogrúa:** En ésta variante el personal accede a bordo de una barquilla ubicada sobre un brazo de grúa diseñado para tal fin. Todos los elementos de seguridad se hallan establecidos, quedando fuera de este espacio de análisis, dado que el punto de anclaje se ubica dentro de la propia barquilla o, a lo sumo, en el brazo de la grúa.

Este método es el preferido por las compañías del sector energético, ya que ofrece la posibilidad de trabajos combinados sobre los postes y las líneas, las cuales requieren, en ocasiones, ser parcialmente desmontadas (o a sus servicios subsidiarios como cable y telefonía con los que en ocasiones se generan acuerdos comerciales que permiten compartir los postes).



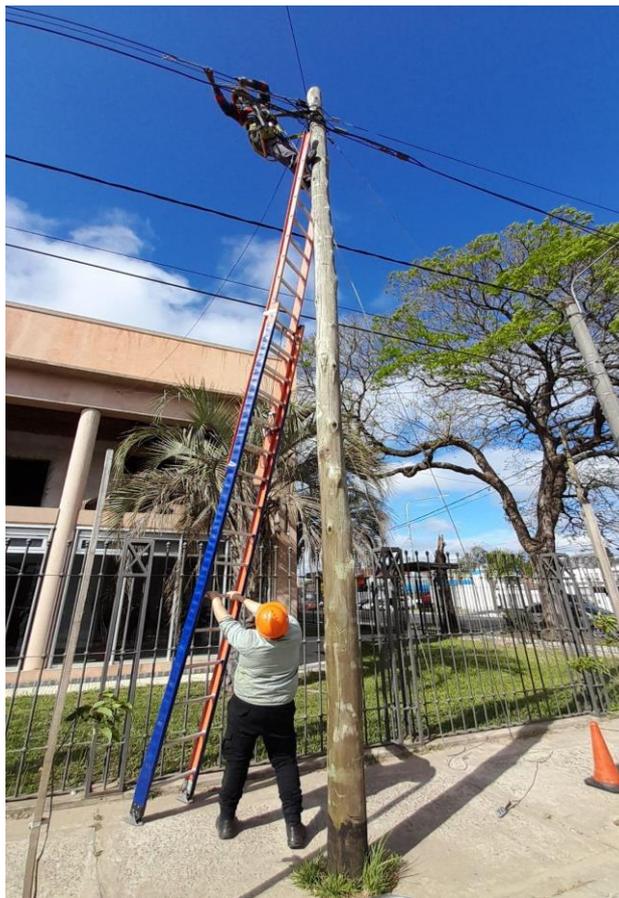
Operario de redes electricas de Concordia, a bordo de hidrogrúa

2) **Acceso por escalera extensible:** En este formato, de interés para el presente trabajo, el personal debe subir a la posición de trabajo utilizando una escalera extensible, generalmente de aluminio y fibra de vidrio o de madera, que se ubica apoyada en el poste a intervenir. Una vez realizada esta acción, el operario accede a la parte requerida y se posiciona con el llamado cinturón de liniero para, posteriormente, comenzar los trabajos puntuales.

En éste caso particular se evidencia la condición insegura temporal que abarca el periodo iniciado con el ascenso del operario hasta que finaliza el posicionamiento en el punto de trabajo. Cabe destacar que el cinturón de liniero permite el posicionamiento y no siempre el anclaje efectivo, quedando una porción de tiempo que integra el ascenso, la maniobra de ubicación y el descenso, sin protección anticaídas.



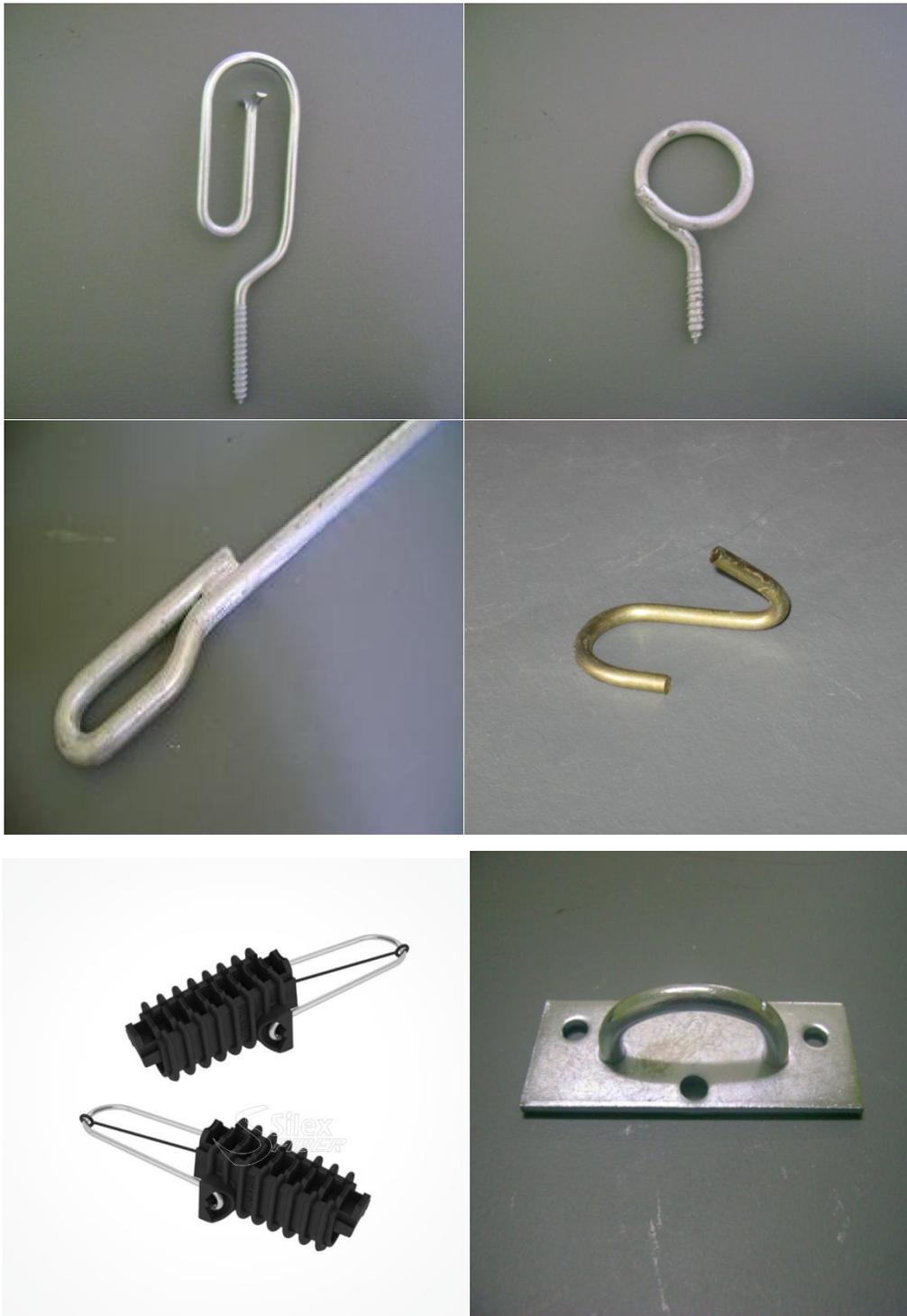
Operarios de redes eléctricas de Concordia, sobre escalera extensibles



Operario telecomunicaciones (fibra óptica) en posición de trabajo a aprox. 6 mts de altura.

Proporción estimada de tillas disponibles en el sistema de postaje actual: De acuerdo a los relevamientos realizados y a la información provista por las diferentes empresas operadoras e instaladoras de servicios sobre postes, se verifica un promedio de 3 postes de energía y 3 postes de telecomunicaciones por cuadra en una ciudad promedio argentina, lo que supone un número elevado de postes en cada localidad. De estos no todos poseen tillas, dado que existen otros tipos de herrajes de porte menor generalmente, que actúan solamente como soportes de carácter vertical, para soportar el peso de paso de los conductores, no funcionando como retenciones longitudinales, por lo que su resistencia es menor a la de las tillas. Con esta premisa en mente, se consultó y relevó el estado actual de las instalaciones en la ciudad de Concordia a efectos de obtener una estimación que pudiera ser incorporada a este análisis. De las diversas recorridas se pudieron extraer las siguientes conclusiones:

- 1) Se verifican diversos sistemas de retención y soporte, que dependen de los sectores geográficos, en algunos casos por necesidades operativas, en otros por cuestiones de diseño de las redes y los conductores a retener y en algunos por cuestiones de seguridad antirrobo netas.



Ejemplos de herrajes complementarios de menor porte, para instalaciones sobre postes.

- 2) Existen barrios que solo ocupan sistemas de retención tipo tillas como las analizadas en este trabajo, particularmente los barrios de construcción regulada por el estado como los del IAPV (instituto autárquico de planeación y vivienda, E. Ríos)
- 3) La proporción luego del análisis se pudo establecer en alrededor de un 40% de disponibilidad de tillas de 5/8" instaladas, existiendo proporciones mayores en

algunos sectores y con disponibilidad menor en otros. El muestreo abarco 250 postes de manera aleatoria por diversos puntos de la ciudad, al cabo de este relevamiento se procedió a sacar un porcentaje directo de presencia de tillas como las mencionadas.



Diversos postes de energía y telecomunicaciones.
Se observa multiplicidad de servicios conviviendo.

4) **Análisis de riesgos de la tarea:** En el caso del acceso al punto elevado por escaleras, se presentan una serie de condiciones que, de no ser controladas, posibilitarían la materialización de un siniestro con caída en altura, entre ellas:

- Desplazamiento intempestivo de la escalera.
- Pérdida de pie del operario durante la salida.

- Rotura de los peldaños de la escalera.
- Siniestro vial que ponga en riesgo la estabilidad del operario.
- Error humano durante la maniobra de posicionamiento para la tarea.

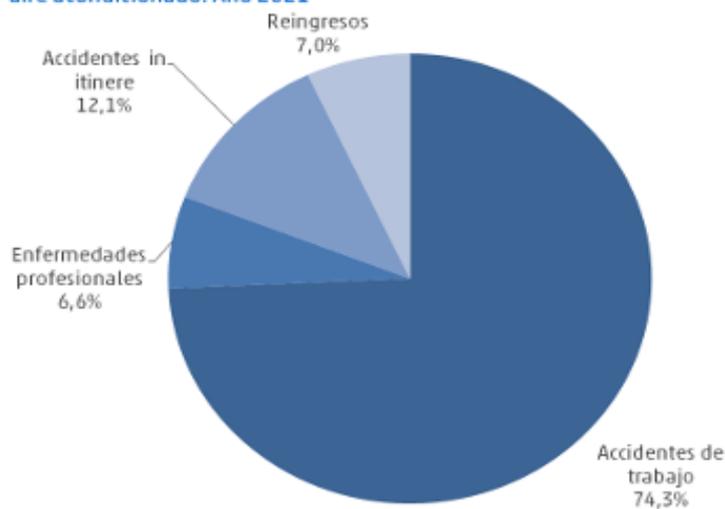
En todos los casos, las caídas en altura representan siempre una posibilidad cierta de lesiones graves e inclusive la muerte, dependiendo de la mecánica del accidente.

Siniestralidad por relevamiento de la SRT: De acuerdo a las últimas estadísticas disponibles por la SRT (superintendencia de riesgos del trabajo), en el sector correspondiente a la unidad de análisis de esta investigación, el 74,6% de los siniestros denunciados corresponden a accidentes en el trabajo y de éste porcentaje el 19,7% ocurre por caída de personas, lo que determina que una proporción importante de los accidentes del sector guardan estrecha relación con trabajos con riesgo de caídas a distinto nivel.

Cuadro 1. Casos notificados según tipo de siniestro. Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado. Año 2021

	Casos	%
Accidentes de trabajo	2.138	74,3%
Enfermedades profesionales	190	6,6%
Accidentes <i>in itinere</i>	349	12,1%
Reingresos	200	7,0%
Total	2.877	100,0%

Gráfico 1. Casos notificados según tipo de evento. Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado. Año 2021



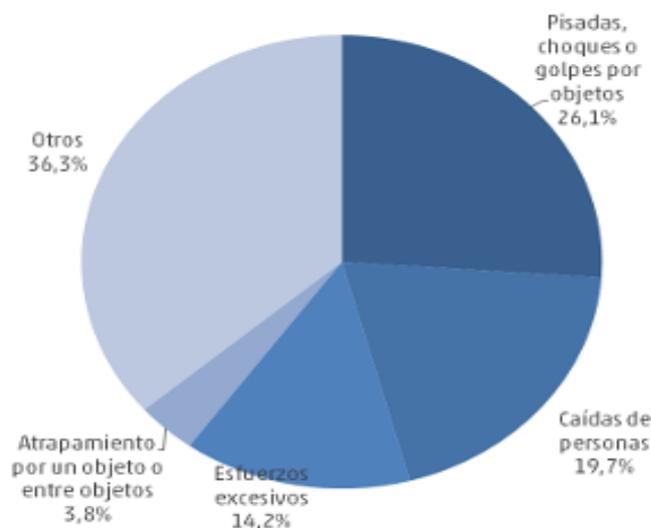
Clasificación de los siniestros (Boletín para suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado 2021)

Cuadro 2. Casos notificados según forma de ocurrencia. Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado. Año 2021

	Casos	%
Pisadas, choques o golpes por objetos	751	26,1%
Caidas de personas	566	19,7%
Esfuerzos excesivos	408	14,2%
Atrapamiento por un objeto o entre objetos	108	3,8%
Caidas de objetos	81	2,8%
Exposición a, o contacto con, la corriente eléctrica	67	2,3%
Exposición a, o contacto con, temperaturas extremas	27	0,9%
Exposición a, o contacto con, sustancias nocivas o radiaciones	25	0,9%
Otras formas de accidente	644	22,4%
Sin datos	200	7,0%
Total	2.877	100,0%

La categoría sin datos incluye el total de enfermedades profesionales, para las que no corresponde categorización dentro de esta variable.

Gráfico 2. Casos notificados según forma de ocurrencia. Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado. Año 2021



Porcentaje de caídas de personas en el mismo sector productivo.

Descripción de la mecánica de las caídas y las lesiones que se producen

Una caída se puede definir como un disturbio fugaz, irreversible del equilibrio con desviación del centro de gravedad y derrumbe del cuerpo sobre el mismo plano de sustentación.

Las caídas acontecen generalmente por la existencia de desvíos prácticos en los métodos de gestión del riesgo que, en ocasiones, se deben a modificaciones de las condiciones de medio ambiente de trabajo (CyMAT), en otros a actos inseguros de los trabajadores y en ocasiones a una combinación de factores que incluso pueden tener influencia externa por cuestiones ajenas al ambiente directo de trabajo, por ejemplo, un siniestro vial en las cercanías de la zona de tareas.



De acuerdo a la bibliografía consultada, las lesiones producto de caída libre en altura son variadas y como se ha expresado anteriormente, incluyen desde fracturas leves hasta la muerte, siendo el cuadro general la aparición de fracturas en miembros inferiores, superiores y cráneo, así como también pueden ocurrir laceraciones, desprendimientos totales o parciales de miembros por interposición de obstáculos y en función de la forma real de la caída.

Aspectos forenses de las caídas en altura, Bustos Cristina. Cuadernos de medicina forense Argentina, año 4, N°1. - Corte suprema de Justicia de la Nación.

Análisis tipo IPR del riesgo.

Para establecer un tipo de cuantificación efectiva se realizó un análisis tipo IPC con el objeto de trasladar la realidad a un valor determinado, para posteriormente y una vez establecida la validez o no de la hipótesis, re analizar la situación y determinar si se verifican mejoras a la situación actual. Para esto se consideran, las siguientes tres variables de análisis:

- **Probabilidad de ocurrencia de un suceso (O)** = Alta (Valor 4 o 5), dado que cada vez que el trabajador sube a un poste a realizar un trabajo, existe la posibilidad de que se materialice la caída.
- **Gravedad del suceso (G)** = Grave (valor 4 a 5) ya que cualquier caída desde alturas de 7 a 13 mts supone lesiones graves o muerte.
- **Frecuencia en la que el trabajador se encuentra expuesto (F)** = Alta (valor 4), debido a que los operarios se exponen permanentemente durante la jornada laboral, siendo ésta es la tarea principal que realizan.

Con este planteo el IPC queda determinado de la siguiente manera:

PUESTO DE TRABAJO	TAREAS	FORMAS O PELIGROS DE ACCIDENTES	CIRCUNSTANCIA DEL PELIGRO	QUE O QUIEN PUEDE RESULTAR DAÑADO	GRAVEDAD	FRECUENCIA	OCURRENCIA	IPR	RIESGO
Operario	Acceso a postes para tareas en altura sobre escaleras extensibles	Caídas a nivel	Acceso por escalera sin línea de vida vertical con trabajo en altura a más de 1,80 mts	daños personales	5	4	4	80,0	Alto

GRAVEDAD	FRECUENCIA	OCURRENCIA	IPR	RIESGO
5	4	4	80,0	Alto

Planilla de cálculo cedida por Ing. Rogelio Dalzotto - UTN FRCon

Lo que arroja un valor ALTO de riesgo, toda vez que las caídas son probables, la exposición se da en la mayor parte del tiempo de trabajo y las lesiones, de ocurrir, serían graves.

Del análisis del riesgo, queda de manifiesto que, lamentablemente, no es viable reducir la frecuencia de exposición, ni tampoco, en gran medida, la gravedad del suceso en caso de caída libre. Por lo que el camino más lógico consistiría en reducir la posibilidad de materialización de la caída. Siguiendo el razonamiento propuesto, se daría una posible solución con la incorporación de un sistema de detención de caídas que controle la gravedad en caso de ocurrencia. Esta condición se ve satisfecha por la incorporación de algún tipo de sistema de línea de vida, de uso sencillo y confiable.

Sobre esta hipótesis planteada, se actualiza el IPC quedando de la siguiente manera:

MEDIDAS DE CONTROL APLICADAS O A APLICAR	RE-EVALUACIÓN DE RIESGOS				
	GRAVEDAD	FRECUENCIA	OCURRENCIA	IPR	RIESGO
Incorporar al procedimiento de trabajo una línea de vida vertical a efectos de disminuir el riesgo de caída en altura	1	4	4	16,0	Bajo

Como se puede ver con la actualización introducida, si bien ni la frecuencia ni la posibilidad de ocurrencia se vieron afectadas, el cambio en la gravedad de las lesiones en caso de ocurrir el accidente fue dramáticamente reducido de modo que el IPC desciende a valores donde el riesgo se puede clasificar como BAJO.

A partir de esta conclusión cuantitativa, analítica, pero corroborable por el mero sentido común, es que resulta necesario avanzar en la determinación de la resistencia real de los elementos a sugerir, a efectos de validar la recomendación, con base técnica, si correspondiera.

Análisis de resistencia de las partes del sistema

Hipótesis de instalación a evaluar: Los esfuerzos no se pueden calcular solamente sobre la tilla que se propone como punto de anclaje, sino que se debe considerar el sistema completo o al menos una representación aproximada del mismo, se plantea que intervendrán como mínimo dos postes y un tendido de cables entre ellos (del cual se considerará la posibilidad más exigente), con un vano de 40 metros entre postes, que es el máximo admisible, aunque en la práctica estos valores se ubican en torno a los 25 mts.

La potencial caída del operario puede ocurrir en cualquier parte del trayecto desde el suelo hasta la posición de trabajo que variará de acuerdo a la tarea encomendada. Sin embargo, es posible establecer algunos límites teóricos a esta afirmación:

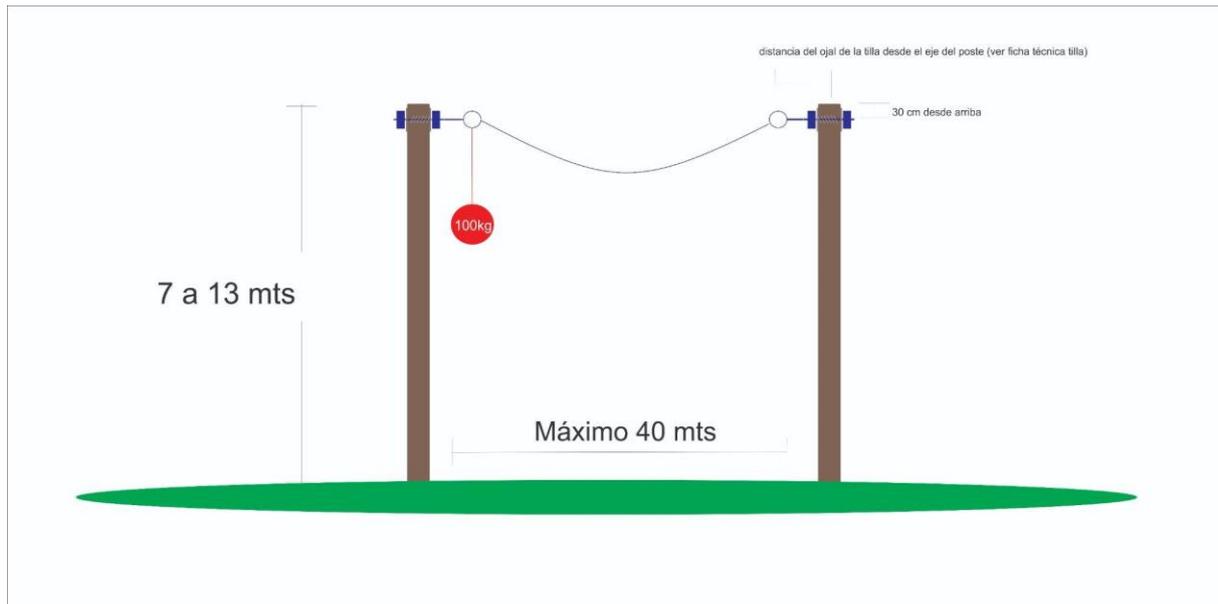
- 1) la tilla se ubicará a 30 cm desde la parte superior del poste.
- 2) se requiere como mínimo 1,20 mts libres hacia abajo desde la zona a intervenir (significa que el operario debería contar con al menos una distancia de 1,20 mts para poder trabajar con la línea sobre la parte media de su pecho, es decir, ni agachado ni por encima del hombro).

De estas dos condiciones surge entonces que las alturas de caída, dependiendo del poste sobre el que se esté trabajando, oscilan entre el nivel del suelo hasta aproximadamente los 10 mts de altura (para un poste de 13 metros).

Desde el punto de vista de los esfuerzos posibles a los que se vería sometido un eventual punto de anclaje ubicado sobre el poste o la escalera, se debe considerar el peso del poste y sus elementos auxiliares, el peso/tracción del cable instalado (en este caso se recurre a un esquema de simplificación, considerando la peor hipótesis posible en la que dos postes retienen un cable del mayor peso por km) utilizado con el máximo permitido de distancias entre vanos (40 mts.).

Resulta necesario aclarar que el reglamento de la AEA (Asociación Eléctrica Argentina) y la práctica diaria, indican que existen diversas hipótesis de instalación, algunas de las cuales son de menor exigencia mecánica y otras incorporan esfuerzos simultáneos complejos, sin embargo, tanto desde el punto de vista del diseño como empíricamente, los sistemas así conformados presentan estabilidad, dado que en los casos en los que se añaden ménsulas intermedias, quiebres a 90° por cambio de dirección y otras particularidades, se procede a re-dimensionar o corregir la instalación para adecuarla a las necesidades por cuestiones lógicas de necesidad técnica y operativa.

Finalmente, se considera un peso de 100 Kg. como hipótesis de trabajo, siendo un peso aún elevado, ya que en la práctica, por cuestiones físicas, aquellas personas con contextura o peso iguales o superiores a 100 Kg. no suelen ser asignados a este tipo de tareas.



Esquema de situación teórica compatible con condiciones reales

Desarrollo analítico del problema

Normativa

De acuerdo a las normas ya citadas y aplicando una fuerza perpendicular a 30 cm del extremo superior de alrededor de 550kgF (5 kN), se alcanzaría el valor de rotura de un poste de uso estándar para tendido de líneas eléctricas o de telecomunicaciones y con el 40% de este valor (alrededor de 2 kN) se alcanzaría la carga de trabajo, quedando el punto de rotura establecido a los 180 cm de la línea de empotramiento o base del poste. Este punto se analizará particularmente para verificar si lo solicitado por la normativa se ajusta o si el valor real de los postes excede esta imposición.

Cabe decir que este valor de rotura expresado en las normativas técnicas para postes, situado en el orden de los 5 KN, representa el 25% de la carga de rotura que debe garantizar un punto de anclaje para protección humana. Sin embargo, este valor no puede ser tomado de manera directa dado que expresa los esfuerzos esperables de manera horizontal, es decir, de forma transversal a la posición del poste. Pero estas no son las cargas que interesan a este trabajo, sino que se manifiestan en forma de momento flector, esto es, de un esfuerzo en forma de giro hacia adentro (en este caso) que podría ser ejercido por el operario al caer y actuar el deslizante tipo T4 para frenar su descenso.

La caída y recorrido posible para esta situación está en el orden de los mm hasta los cm y la situación real se aproxima bastante a un esfuerzo estático, no existiendo prácticamente aceleración por la acción del propio mecanismo de retención utilizado como EPP.

Análisis por cálculo de la hipótesis de trabajo:

En este sentido, el cálculo solicitado al profesional con incumbencias en la materia se plantea de la siguiente manera:

- Se considera al vano máximo entre postes regulado por la normativa de 40 mts.
- Se considera el diámetro de los postes estandarizado a 180 mm
- Se considera el peso del conductor más exigente al sistema.
- Se aísla a los postes de cualquier otro elemento de estabilización como otros postes, riendas, etc.
- Se introduce un operario de masa igual a 100 kg, de manera experimental
- Se lo conecta a un sistema de detección de caídas homologado, del tipo T4, con cuerda también homologada y arnés de cuerpo completo.
- Se considera la conservación adecuada del poste.
- Se considera la condición de no deformación de la tilla.
- Se consideran las tensiones simples y compuestas de cada elemento.
- Se considera la fluencia del acero 1038/1040 en relación a la resistencia frente a la carga.
- Se consideran los coeficientes de seguridad de los elementos constitutivos del sistema apuntado como de protección para caídas de personas.

3.7.4 COEFICIENTES DE SEGURIDAD: Las condiciones de seguridad, referidas a la carga de rotura, de los distintos elementos serán las siguientes:	
Postes y elementos de hormigón armado común	2,5
Postes y elementos de hormigón armado precomprimido	2,1
Postes de madera	2,5(*)
Grampas, bulonería y otros accesorios metálicos	2,0

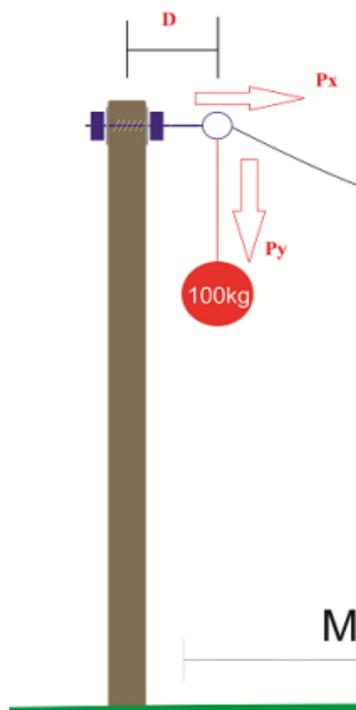
del manual de instalación de Empresa de energía eléctrica de Córdoba (EPEC)

Análisis de la situación

Tensión compuesta: Se considera la existencia de diversas tensiones a las que el sistema se ve sometido, entre las que se cuentan:

- El peso del cable tirando de la tilla, el que genera una tensión longitudinal sobre el cuerpo de la misma y sobre el poste (los cuales se encuentran cubiertos por las tolerancias de diseño, ya que para eso están contruidos).
- El esfuerzo de corte sobre el ojal de la tilla por la tensión del cable.
- El esfuerzo de corte vertical sobre el ojal de la tilla, en caso de caída del operario (contingencia no cubierta por el diseño del sistema y que es la hipótesis de este caso de estudio).

El diagrama de la situación es el siguiente:



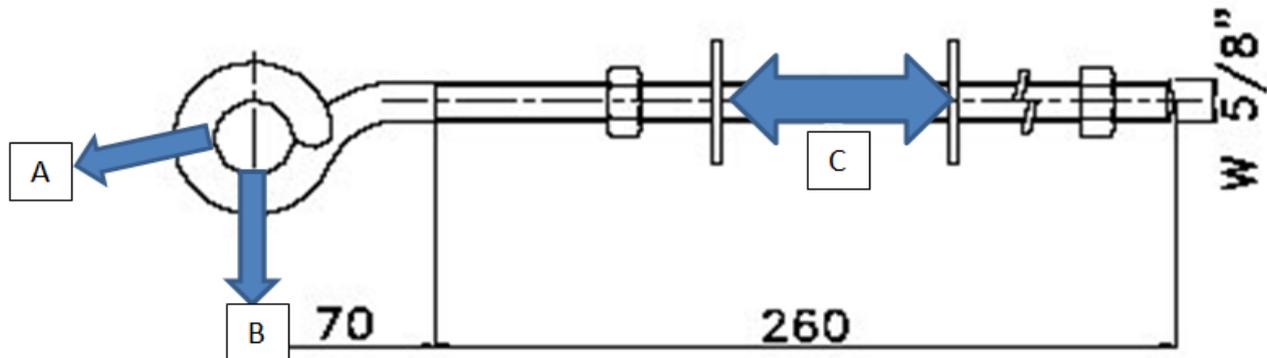
Donde "D" es la distancia entre el extremo de la tilla y el centro del poste de madera. "Py" es el esfuerzo vertical, y "Px" es el esfuerzo horizontal.

Con esta información, los parámetros de la tilla en estudio, las diferentes longitudes de postes, sus características de resistencia determinadas en la normativa y las hojas técnicas de los usuarios de este tipo de materiales, se plantea que: **El esfuerzo ejercido por el trabajador de 100 kg cayendo no más de 10 cm (determinado por el sistema de protección anticaídas T4) es de 200 Kgf. o de 1,96 KN (lo que cobra sentido dada la solicitud de 22 KN para un punto de anclaje, evidenciando que el coeficiente de seguridad establecido por ley es de 10).**

Tensiones sobre el sistema

- La tensión por la tracción generada por el cable que cuelga de la tilla es de 0,19 kg/mm². (aplicada sobre el cuerpo de la tilla) **(C)**
- La tensión por corte sobre la tilla (en el ojal de la misma), por el cable colgando, es de 1,7 kg/mm² **(A)**
- La tensión aplicada sobre la tilla en caso de que un operario de 100 kg cayera el mínimo posible determinado por el elemento de anclaje tipo T4, sobre una cuerda de seguridad, anclada a la tilla en forma vertical, es de 53,4 kg/mm². **(B)**

Todas estas tensiones se suman de manera no algebraica, resultando en una tensión compuesta en caso de caída, de $53,7 \text{ kg/mm}^2$.



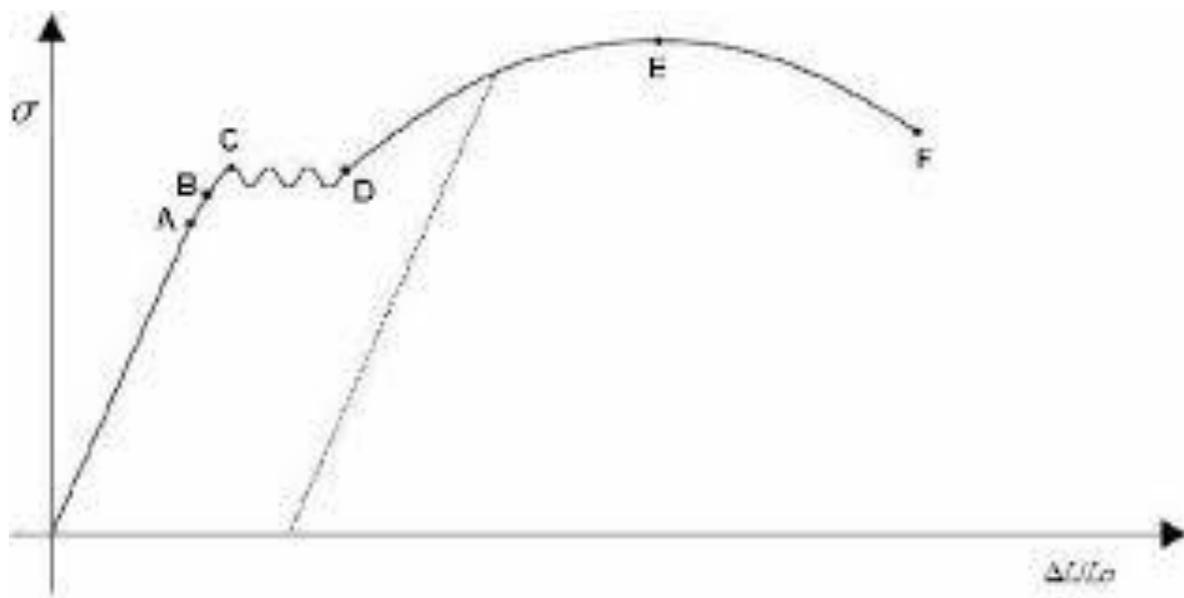
Análisis del comportamiento del poste

Como fue desarrollado anteriormente, existen esfuerzos de compresión sobre los materiales, que pueden dar origen al efecto pandeo en el caso del poste de madera propuesto y para sus diferentes longitudes desde 7 hasta 13 mts. Aquí se plantea la viabilidad de considerar que la carga es de carácter vertical, sobre la parte superior del poste, ya que la tilla no se aleja notablemente del centro longitudinal del poste, por lo que no resulta adecuado realizar un cálculo de momento flector. En cambio, se considera que el esfuerzo es completamente vertical.

Se verifica que la carga, el esfuerzo al que se vería sometido en caso de deber soportar un operario, es muy inferior al esfuerzo que los postes pueden soportar antes de incurrir en pandeo, dado que el valor de carga oscila los 200 Kgf y el valor de carga crítica al pandeo del poste más débil (10 mts o más) es de 2678 Kg. por lo que, en caso de caída de operario, los postes de 180 mm **verifican al pandeo.**

Determinación de la resistencia de la tilla

Finalmente, el valor de fluencia del acero 1038/1040, utilizado en la fabricación de las tillas de uso más común en la industria es de 27 kg/mm^2 . Siendo la tensión compuesta sobre la tilla de $53,7 \text{ kg/mm}^2$. El valor teórico de ruptura de la tilla ronda los 57 Kg/mm^2 , lo que en teoría deja un margen de seguridad. Pero se observa claramente que, en caso de caída de un operario, la tilla sufriría esfuerzos fuera de su zona elástica, incurriendo en deformaciones del orden plástico, permanentes, alejados aún de su punto de ruptura, pero fuera de la seguridad netamente garantizable para la norma.



El valor del esfuerzo se encuentra ubicado más allá de la zona elástica, en algún punto en la zona plástica pero antes del punto de ruptura

Es posible aseverar que las tillas no satisfacen en éste modo de instalación lo requerido por la normativa nacional, a efectos de ser utilizadas con garantías completas como puntos de anclaje.

Ensayo del elemento

A efectos de obtener una evidencia empírica que complemente el cálculo realizado, se planteó la realización de un ensayo físico que se asemejara a las condiciones reales y posibles de trabajo y ocurrencia de un siniestro, para lo cual se recurrió a la asistencia y colaboración de la Cooperativa Eléctrica de Concordia, quien cedió horas de personal, instalaciones y materiales a efectos de intentar reproducir un evento compatible con un accidente de caída en altura.

Con esto en mente, se instaló una tilla de 5/8" en un poste bajo y se realizó un desprendimiento controlado de un elemento de 137 kg. Con una distancia de caída libre de 25 cm. Estos valores superan ampliamente tanto el peso estándar de un trabajador como la distancia de recorrido que permite un deslizante inercial tipo T4 como el propuesto para este potencial procedimiento.

Para esto se requirió una tilla normalizada de uso regular en líneas de baja tensión en la República Argentina, se la instaló en un poste de Eucaliptus grandis y se ejecutó un nudo de liberación para simular la caída.



Tilla de 5/8"



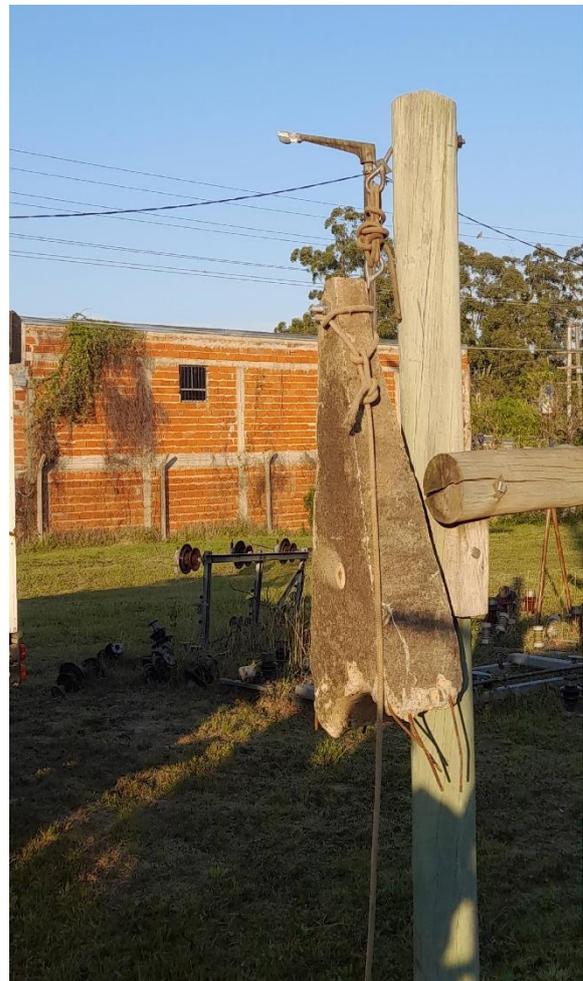
Instalación sobre poste



Pesaje del elemento a colgar el cual arroja un peso de 137 kg



Momentos previos a la liberación del elemento



Finalización del ensayo



Efectos del esfuerzo sobre el material

Conclusiones relativas al ensayo:

El ensayo se realizó con las condiciones más desfavorables posibles, incorporando una tilla de 5/8" (la más débil de las que se pudieran utilizar dentro del marco de este trabajo), con una distancia de caída cercana a los 30 cm (cuando el desplazamiento real para un inercial es de menos de 1 cm) y con un peso improbable en la vida real, de 137 kg, por lo que se pueden considerar aumentadas todas las variables negativas que pudieran influir en el resultado de esta experimentación.

Una vez retirada la tilla ensayada, se pudo apreciar un leve adelgazamiento del material en la zona doblada, junto con algunas grietas en el sentido del esfuerzo, pero sin embargo el material permaneció sin fracturas visibles, como fuera validado en el cálculo.

Oportunidad de mejora

Con los datos obtenidos, es posible avanzar aún en la creación de un procedimiento estándar que signifique una mejora al estado de situación actual, con las restricciones que se derivan del análisis previo, a saber:

- Estado de conservación de los postes de acuerdo a criterios de análisis cualitativo.
- Uso de escaleras en buen estado.
- Uso de EPP en buen estado.
- Selección adecuada del herraje a tomar como punto de anclaje.
- Tilla sin deformaciones.
- Peso del operario no superior a los 90 Kg.

Estos elementos se constituyen en condiciones sine qua non, para la aplicación criteriosa del procedimiento que se propone a continuación.

Procedimiento actual.

Si bien existen variantes, generalmente de la observación repetida de este tipo de actividades en la actualidad, la mayoría de las intervenciones sobre postes que se observan poseen la siguiente estructura:

1. Estacionamiento del móvil.
2. Ubicación de la escalera extensible.
3. Acceso por escalera a la parte superior del trabajo.
4. Posicionamiento sobre el poste utilizando el cinturón de liniero.
5. Tarea.

Bajo este esquema se observan los siguientes desvíos principales, que afectan la consecución de una buena política de seguridad.

Las escaleras no se arriestran debidamente en base y parte superior, considerando que la estabilidad inicialmente es buena y que las escaleras poseen un soporte en forma de “V” en la parte superior, lo que las posiciona en el poste con relativa firmeza y en la práctica se traduce en riesgos de caídas por desplazamientos intempestivos que dejan al trabajador solamente sostenido por la configuración del cinturón de liniero, el cual, en caso de no ser amarrado adecuadamente, puede deslizarse. Aún con esta precaución tomada, no es viable saber a ciencia cierta si la rugosidad y/o salientes del poste terminarán por detener la caída en vertical, recordando en todo momento que este es un elemento de **posicionamiento** y no de detención de caída libre vertical.



En la foto de la izq. se observa un cinturón de liniero sin rodear firmemente el poste, por lo que una caída por desplazamiento de escalera, terminaría sin duda con el operario impactando contra el suelo.

No se considera útil generar puntos de anclaje elevados, ya sea por falta de elementos (puntos de anclaje removibles de faja sintética, por ejemplo) o por no dedicar el tiempo necesario o considerarlo impráctico. En lugar de esto, se utiliza el cinturón de liniero o de posición como elemento anticaída. Muchas veces la técnica consiste en rodear el poste con el cinto, tomando además la escalera, sin embargo, al quedar laxo parcialmente este elemento, no es posible garantizar que ante una caída de cualquier naturaleza, se produzca efectivamente el detenimiento del trabajador en el sitio.



Práctica común de ascenso/descenso y posicionamiento sin línea de vida vertical ni punto de anclaje

En esta situación, el personal se expone a dos riesgos concretos: el desplazamiento intempestivo de la escalera por diversos motivos y la caída en altura sin freno por falta de una vinculación real con un punto de anclaje. Por lo tanto, se propone un nuevo esquema de acceso y permanencia a las zonas de trabajo en altura que incorpora la utilización de elementos auxiliares a efectos de garantizar que, tanto durante el acceso como una vez en posición, el operario se hallará vinculado a una línea de vida confiable, mitigando la posibilidad de caídas en altura.

Actualización de las medidas de seguridad

A efectos de poder trabajar sobre los puntos anteriormente mencionados, se propone la utilización de un procedimiento mejorado, en el que se incorporan dos elementos vitales para gestionar correctamente el trabajo en altura:



Deslizante tipo T4 para uso con arneses normalizados

- Pértiga de colocación de línea de vida vertical.

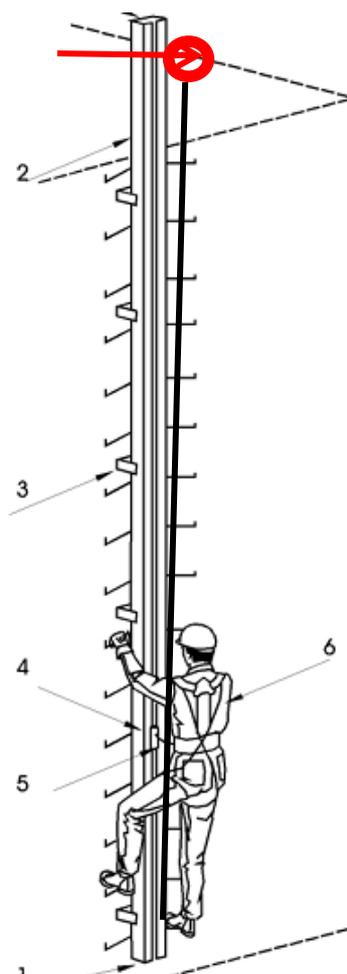




Arriostrado de escalera sobre poste

Con estos dos elementos, es posible crear una línea de vida de ascenso, paralela a la escalera, eliminando por completo el intervalo de actuación sin protección anti caída, para lo cual se debe seguir el siguiente esquema corregido de trabajo:

PROCEDIMIENTO ACTUAL	PROCEDIMIENTO MEJORADO
<ul style="list-style-type: none"> • Estacionamiento del móvil. • Ubicación de la escalera extensible • Acceso por escalera a la parte superior del trabajo • Posicionamiento sobre el poste utilizando el cinturón de liniero • Tarea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estacionamiento del móvil. • Ubicación de la escalera extensible • Arriostrado de la escalera en la parte inferior. • Colocación de la línea de vida en soporte superior del poste. • Ubicación de la línea de vida en la parte inferior de la escalera (para tensar la línea) • Vinculación del T4 • Acceso por escalera a la parte superior del trabajo • Arriostrado de la escalera en la parte superior • Posicionamiento sobre el poste utilizando el cinturón de liniero • Tarea.



Ejemplo de aplicación

Medidas de seguridad adicionales

El método propuesto depende de dos elementos externos a la instalación realizada por el operario, a saber:

- El estado del poste.
- La existencia y estado del punto de anclaje.

Referido al primer ítem, el estado del poste debe ser verificado **siempre**, previo al acceso por escalera, ya sea que se aplique el presente procedimiento mejorado o no. Se realiza meciendo el poste y observando el comportamiento de la base, la cual no debe oscilar, presentar fisuras, grietas, faltantes de material o cualquier indicio de que la madera se halle en mal estado. Adicionalmente se debe hincar un elemento con punta (destornillador o varilla, por ejemplo) y este elemento no debe penetrar fácilmente la fibra de la madera, para lo cual se deberá comparar la resistencia con una porción más alejada de la base.

En segundo lugar, los puntos de anclaje para este tipo de procedimientos no deben ser otros que las tillas de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{5}{8}$ " utilizadas de manera regular en la instalación de retenciones para cableado eléctrico y/o de telecomunicaciones, evitando cables, herrajes de porte menor o auxiliares,

estructuras ajenas a la instalación tales como cables eléctricos, cañerías, estructuras de casas vecinas etc.

Desde el punto de vista económico, la incorporación de la mejora es una continuación lógica al equipamiento actual, siendo compatibles en su mayoría los arneses utilizados ya y requiriendo mejoras menores que refieren, concretamente, a la incorporación de una pértiga de colocación remota (equipo comercialmente disponible, de seguridad certificada y fabricación nacional) y una cuerda de longitud adecuada, también homologada para este tipo de tareas. El valor del equipo necesario se adjunta como anexo a este trabajo, mediante un presupuesto de un proveedor la ciudad de Concordia, más una posibilidad de compra desde plataforma de internet.

Finalmente, se debe manifestar que éste procedimiento no implica una solución para el 100% de los casos, en los que, por ejemplo, no exista herraje que permita vincular la línea de vida a través de la pértiga. De acontecer la situación mencionada, se propone una medida de seguridad adicional que consiste en instalar una línea postiza de fajas sintéticas desde la base y elevarla con la cuerda de línea de vida hasta una posición segura, para luego continuar con el procedimiento.

En este punto es válido observar que la colocación desde la posición inferior no siempre es posible dado que los postes suelen presentar elementos que interfieren con el deslizamiento vertical del ojal, motivo por el cual esta alternativa no fue abordada desde un inicio como opción superadora al punto de anclaje sobre tilla.



Faja sintética con para la creación de punto de anclaje, opción analizada como alternativa a la propuesta.

Conclusión

Es posible concluir que, desde el punto de vista teórico, los conjuntos poste/tilla utilizados en la industria de las telecomunicaciones no satisfacen los requisitos técnicos/legales para ser considerados como 100% seguros a efectos de incorporar un método o procedimiento de trabajo que mitigue la posibilidad de una caída desde altura en las tareas sobre escaleras y postes. Sin embargo, y en base a todo lo expuesto, se considera razonable proponer como situación superadora a la actual, la creación de un procedimiento que incorpore dicha posibilidad de mejora como válida, con las restricciones y cuidados del caso.

Aun cuando no resulta posible garantizar fehacientemente que una caída en altura resultará completamente detenida por un sistema como el propuesto, siendo la alternativa una caída libre con consecuencias de graves a mortales, es viable considerar que aún con estas certezas, crear una línea de vida temporal sobre una tilla resulta una opción superadora hasta tanto no se puedan explorar e incorporar nuevas mejoras técnicas.

El costo de incorporación resulta adecuado por tratarse de un sistema de protección de la vida humana, con la alternativa que, frente a la falta de esta mejora, el riesgo es de lesiones graves y/o muerte.

Anexos I - Fragmentos de normativa técnica y legislación aplicable



INSTITUTO ARGENTINO
DE NORMALIZACIÓN
Y CERTIFICACIÓN

ESQUEMA 1

DE NORMA IRAM 9513*

**Postes y crucetas redondas de eucalipto preservados
para líneas aéreas de energía eléctrica y
sistemas de telecomunicaciones**

Requisitos

Preserved eucalyptus round cross head and poles for energy lines and telecommunication system
Requirements

LAS OBSERVACIONES DEBEN
ENVIARSE CON EL FORMULARIO DE LA
ETAPA DE DISCUSIÓN PÚBLICA

* Corresponde a la revisión de las normas IRAM 9513:2001, IRAM 9530:1963 e IRAM 9531:1993.

DOCUMENTO EN ESTUDIO

Agosto de 2008



Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe

NORMAS TÉCNICAS Y DE PROCEDIMIENTOS A TENER EN CUENTA PARA EL PROYECTO Y EJECUCIÓN DE OBRAS ELECTROMECAÑICAS EN LAS CERCANÍAS DE OTROS SERVICIOS PÚBLICOS.

Práctica Recomendada



**INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETROLEO Y DEL GAS**

PR IAPG – SCo – 06 – 2012 – 00

TRABAJO EN ALTURA



ESTRUCTURA



Docentes: Ing. Claudio Giordani
Ing. Diego Leone

1º Año Ingeniería Civil - Comisión 02 - Turno Tarde

Tema: Estructura / Cátedra Ingeniería Civil I / Departamento de Ingeniería Civil
UTN. Página 1

TRABAJO EN ALTURA

Normativa:

Ley 19587/72 "Ley de Higiene y seguridad en el trabajo"

Art. 4º — La higiene y seguridad en el trabajo comprenderá las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tengan por objeto:

- a) proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores;
- b) prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo;
- c) estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

Art. 5º — A los fines de la aplicación de esta ley considérense como básicos los siguientes principios y métodos de ejecución:

- h) estudio y adopción de medidas para proteger la salud y la vida del trabajador en el ámbito de sus ocupaciones, especialmente en lo que atañe a los servicios prestados en tareas penosas, riesgosas o determinantes de vejez o agotamiento prematuros y/o las desarrolladas en lugares o ambientes insalubres;

Art. 8º — Todo empleador debe adoptar y poner en práctica las medidas adecuadas de higiene y seguridad para proteger la vida y la integridad de los trabajadores, especialmente en lo relativo:

- a) a la construcción, adaptación, instalación y equipamiento de los edificios y lugares de trabajo en condiciones ambientales y sanitarias adecuadas;
- b) a la colocación y mantenimiento de resguardos y protectores de maquinarias y de todo género de instalaciones, con los dispositivos de higiene y seguridad que la mejor técnica aconseje;
- c) al suministro y mantenimiento de los equipos de protección personal;
- d) a las operaciones y procesos de trabajo.

Fragmento de la ley 19587 de higiene y seguridad en el trabajo



Centro Educativo de Nivel Secundario N° 451
Anexo Universidad Tecnológica Nacional

Dirección de Capacitación No Docente

Dirección General de Cultura y Educación
Provincia de Buenos Aires

FÍSICA

Segundo Año

Unidad II



LIBROS BACHILLER 2011

Formato digital - PDF

Publicación de edUTecNe - Editorial de la U. T. N.

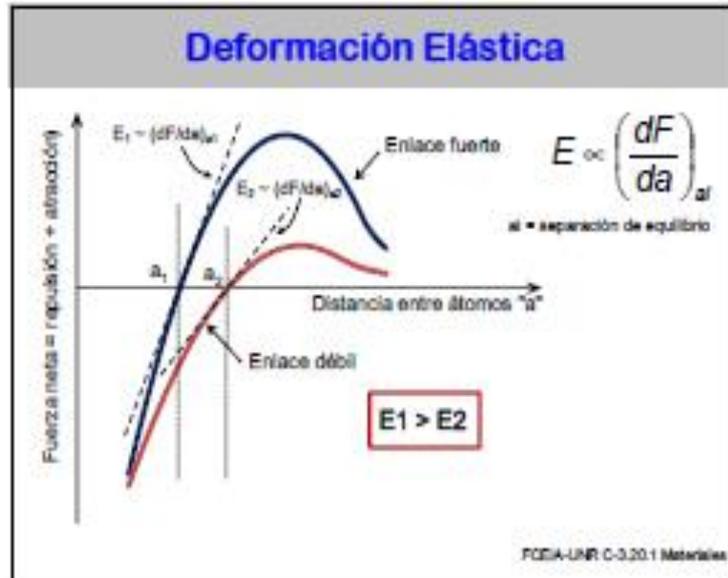
Sarmiento 440 - (C1041AAJ) - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

© Universidad Tecnológica Nacional -U.T.N. - Argentina

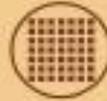
La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir el conocimiento generado por autores universitarios, pero que los mismos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.



Apunte sobre deformación de materiales - Universidad Nacional de Rosario

Reglamento CIRSOC 601
Ministerio del Interior,
Obras Públicas y Vivienda
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

INTI
Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC
Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Civiles



REGLAMENTO ARGENTINO DE
ESTRUCTURAS DE
MADERA

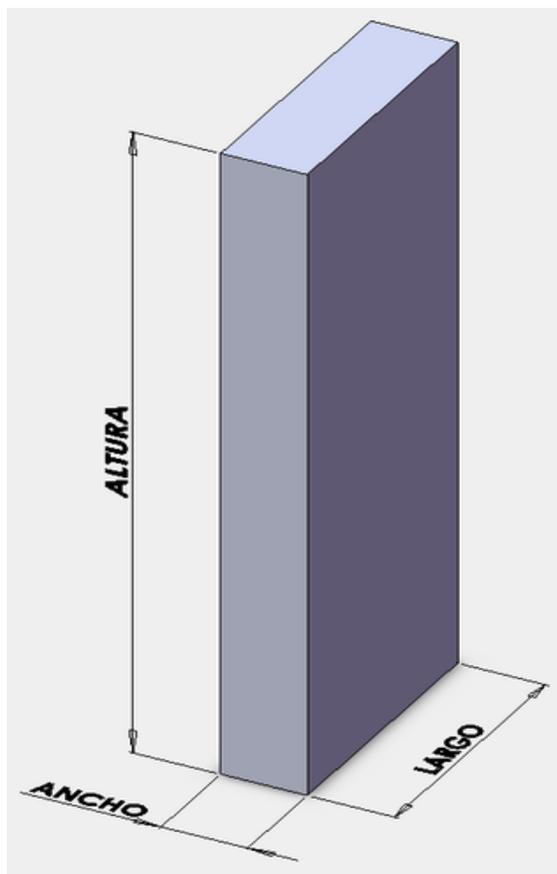
Julio 2016

Palabras clave - Definiciones técnicas

Unidades y magnitudes aplicables al objeto de estudio

Medidas de longitud

Longitud: distancia expresada en metros y/o submúltiplos, para definir la distancia o separación entre un punto **a** y un punto **b** de un objeto o trayectoria recta cualquiera.



longitudes en un paralelepípedo (Eric Hegi)

Una unidad de longitud es una cantidad estandarizada de longitud definida por convención. La longitud es una magnitud fundamental creada para medir la distancia entre dos puntos. (*Wikipedia*)

El metro: La medida patrón utilizada en el **SIMELA** (sistema métrico legal argentino) es, a su vez, una adaptación estricta de la unidad adoptada por el **SI** (Sistema métrico internacional), el **metro**, del cual se desprenden sus submúltiplos. En el año 1972 se adoptó el SIMELA (Sistema Métrico Legal Argentino) en la Argentina. La Ley 19.511 establece el uso obligatorio del SIMELA (particularmente en la enseñanza), decreto 878/89.

Múltiplos y submúltiplos del metro				
	Prefijo	Símbolo	Factor	Equivalencia
Múltiplos del metro	yottámetro	Ym	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000 m
	zettámetro	Zm	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000 000 m
	exámetro	Em	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000 000 m
	petámetro	Pm	10^{15}	1 000 000 000 000 000 000 m
	terámetro	Tm	10^{12}	1 000 000 000 000 000 m
	gigámetro	Gm	10^9	1 000 000 000 m
	megámetro	Mm	10^6	1 000 000 m
	kilómetro	km	10^3	1 000 m
	hectómetro	hm	10^2	100 m
	decámetro	dam	10^1	10 m
Metro	m	10^0	1 m	
Submúltiplos del metro	decímetro	dm	10^{-1}	0,1 m
	centímetro	cm	10^{-2}	0,01 m
	milímetro	mm	10^{-3}	0,00 1 m
	micrómetro	μm	10^{-6}	0,00 000 1 m
	nanómetro	nm	10^{-9}	0,00 000 000 1 m
	picómetro	pm	10^{-12}	0,00 000 000 000 1 m
	femtómetro	fm	10^{-15}	0,00 000 000 000 000 1 m
	attómetro	am	10^{-18}	0,00 000 000 000 000 000 1 m
	zeptómetro	zm	10^{-21}	0,00 000 000 000 000 000 000 1 m
	yoctómetro	ym	10^{-24}	0,00 000 000 000 000 000 000 000 1 m

ingenierizando.com



Patrón de metro fabricado en Iridio

Pulgada (Inch, Inches, “): La pulgada es una unidad de longitud que fue, con distintos valores, casi universal y que ahora se utiliza todavía y principalmente en países anglosajones (Estados Unidos, Reino Unido, etc.). En casi todos los demás países se utiliza el metro como medida de longitud (los países mencionados están en proceso de transición). *(wikipedia)*

Ésta medida es muy utilizada para expresar diámetros en la industria, principalmente en la realización de elementos tubulares tanto macizos como huecos, ésta nomenclatura alcanza a herrajes, cables de acero, cuerdas y otros elementos.

De acuerdo al congreso de los EEUU y basado en el sistema anglosajón de unidades, una pulgada equivale a 2,54 cm y un metro (1m) equivale a 39,37 pulgadas.

Actualmente el sistema anglosajón se encuentra en un proceso de migración hacia el sistema métrico, siendo el más claro ejemplo la declaración de la NASA de realizar las próximas misiones a la luna, basando todo el equipamiento en sistema métrico internacional. https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2007/08jan_metricmoon/

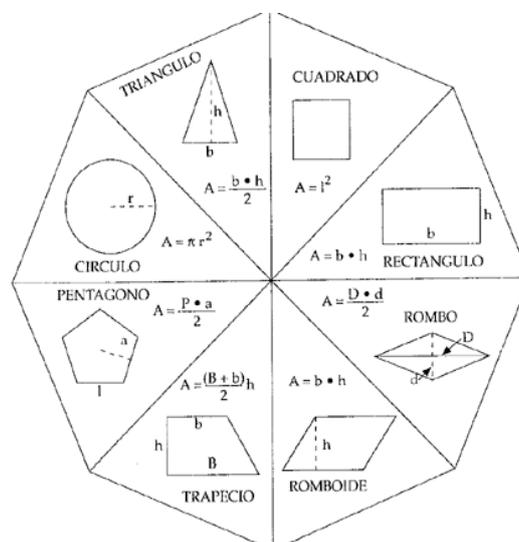
Fraciones de pulgada: siendo estas medidas de uso común en la industria. Se incluyen valores especiales que resultan de interés para el caso en estudio y que corresponden a diámetros de elementos utilizados frecuentemente.

Valor en pulgadas \longrightarrow Valor en centímetros.

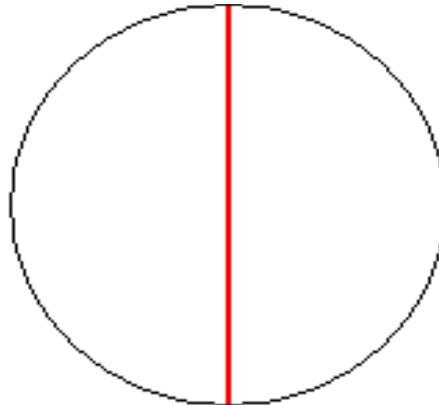
- ✓ $5/8" = 1.5875$
- ✓ $3/4" = 1.905$
- ✓ $1/2" = 0,5$
- ✓ $1/4" = 0,25$
- ✓ $1/8" = 0,125$
- ✓ $1/16" = 0,0625$
- ✓ $1/32" = 0,03125$
- ✓ $1/64" = 0,015625$
- ✓ $1/128" = 0,0078125$

Medidas de área, sección y superficies

Área: El área es un concepto métrico que puede permitir asignar una medida a la extensión de una superficie, expresada en matemáticas como unidades de medida de superficie. El área es un concepto métrico que requiere la especificación de una medida de longitud. (Wikipedia)



Diámetro (ϕ): En geometría, el diámetro es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia.



Diámetro de un círculo (imagen de Evert de Haan)

Carga mínima de rotura

Diámetro	Masa aprox.	Grado 120 (daN/mm ²)		Grado 140 (daN/mm ²)		Grado 1770 (N/mm ²)	
		[kN]	[t]	[kN]	[t]	[kN]	[t]
[mm]	[Kg/m]						
1,20	0,007	-	-	-	-	1,50	0,15
1,50	0,011	-	-	-	-	2,17	0,22
3,00	0,045	6,4	0,7	7,9	0,8	-	-
3,50	0,070	9,5	1,0	11,0	1,1	-	-
4,80	0,11	16,4	1,7	19,0	1,9	-	-
6,00	0,18	25,6	2,6	29,6	3,0	-	-
7,50	0,28	40,0	4,1	46,4	4,7	-	-
8,10	0,32	46,6	4,8	54,0	5,5	-	-
9,00	0,40	57,5	5,9	66,7	6,8	-	-
10,00	0,50	71,0	7,2	-	-	-	-
10,50	0,54	73,3	7,5	-	-	-	-
12,70	0,78	114	11,6	-	-	-	-

Construcción: 1x7 cordones ϕ 1,20 - 1,50 mm, en grado 1770 N/mm².

Revestimiento: galvanizado.

Norma ref.: ISO 2408 / EN 12385-4.

Consulte por diámetros o resistencias no especificados en este catálogo.

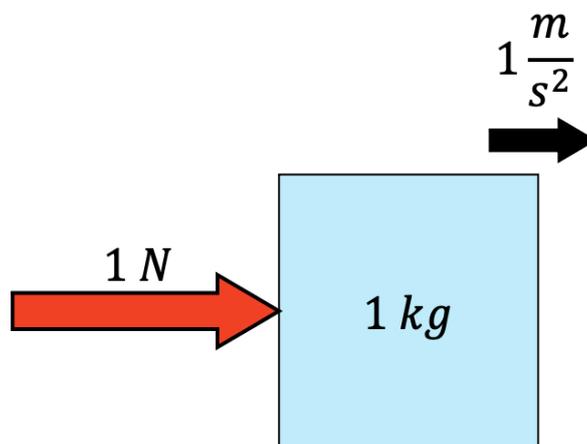
ejemplo de hoja técnica de un fabricante argentino de cables de acero, con los diámetros en mm

Medidas de fuerza, aceleración y torque

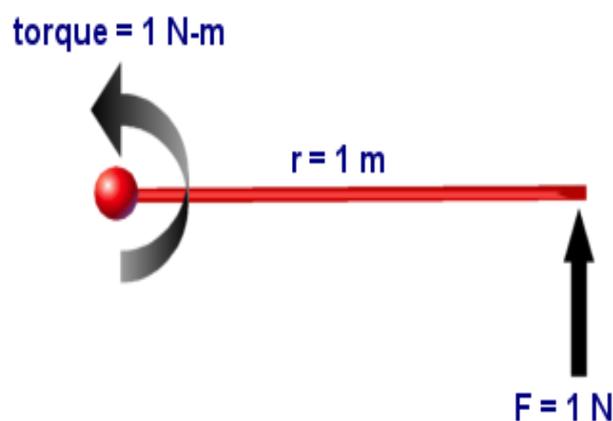
Newton: En física clásica es una unidad que relaciona una magnitud de fuerza aplicada a un cuerpo de masa determinada en el tiempo, creando un valor que refiere a la aceleración de un cuerpo desde su posición de reposo o movilidad hasta un momento y posición determinadas.

$$N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

expresión de la unidad



Newton metro (N.m): Momento de fuerza o torque. Es un valor referencial que define a una fuerza aplicada sobre un punto de pivot circular, con radio de un metro (1m) y con un Newton de esfuerzo (1N)



En el caso que nos ocupa, se aplica a un posible esfuerzo realizado sobre una tilla durante una caída que aplique solicitaciones sobre el sistema

Kilogramo (Kg) - Masa: Es el valor utilizado actualmente como expresión de la masa de un cuerpo (en la tierra), originalmente apuntaba a mil veces (x1000) el peso de un volumen de un centímetro cúbico de agua pura a 4°C (Punto de fusión del hielo), actualmente se define mediante una expresión basada en la constante de planck, por lo que queda sujeta a valores referidos a ondas electromagnéticas ligadas a la luz, con la consecuente mejora en la exactitud y posibilidad de reproducción en cualquier parte del mundo.



Pesas (autor desconocido)

Metro por segundo cuadrado m/s^2 - Aceleración gravitatoria: De acuerdo a la segunda ley de Newton la fuerza neta o resultante que actúa sobre un cuerpo es proporcional a su masa y a su aceleración, expresándose:

$$F = m \cdot a, \text{ donde } F \text{ es fuerza, } m \text{ es masa y } a \text{ es aceleración.}$$

Ésta igualdad muestra que la fuerza neta ejercida sobre una masa depende de la aceleración del cuerpo que la atrae. En la tierra este valor es de $9,8m/s^2$.

Física - 2do Año ingenierías, Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe



Isaac Newton alcanzando una manzana - Generado por la IA Dall-E

Pascal, N/m² - Tensión mecánica: Representa el esfuerzo aplicado a una superficie, por lo que se expresa en una unidad de presión o esfuerzo mecánico, siendo ésta unidad la utilizada en las formulaciones y resoluciones de sistemas donde existen esfuerzos aplicables a materiales. En ingeniería se estudian y cuantifican los llamados “módulos de Young” que expresan finalmente la cantidad de presión aplicable a un material hasta su fallo mecánico o rotura.

La expresión que manifiesta el módulo de Young relaciona la tensión aplicada sobre un elemento y su deformación correspondiente, empleable a materiales elásticos.

Tipos de esfuerzos que soportan los materiales

Conceptos fundamentales

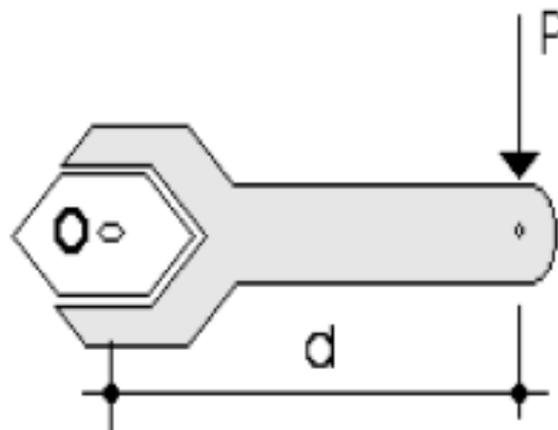
Fuerza: Entendemos por fuerza toda acción sobre un objeto que tiende a modificar el estado de reposo o movimiento de mismo, o que puede deformarlo de manera permanente o transitoria. Para representar una fuerza física se hace uso de una flecha, ya que la misma posee dirección y magnitud.

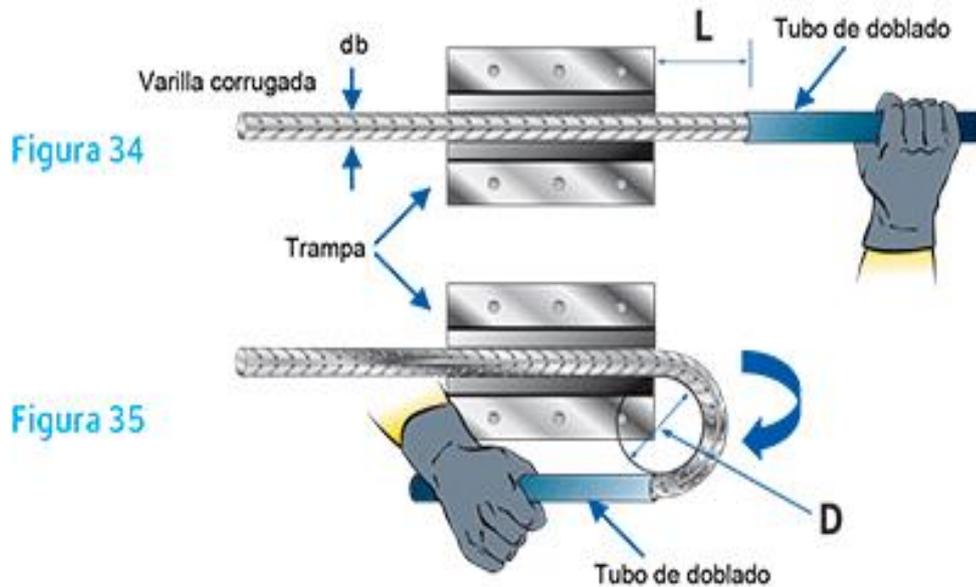
Momentos: Podemos calcular el momento de una fuerza respecto de un punto como el producto del valor de dicha fuerza por la distancia. El momento tiende a hacer girar un cuerpo, cuanto mayor sea la fuerza o mayor la distancia, mayor será el momento. Hay un punto **O** impedido de trasladarse, entonces el cuerpo girará alrededor del punto **O** por acción de la fuerza **P**.

La rotación se mide por el **MOMENTO** que es el producto de la intensidad de la fuerza **P** por la mínima distancia que va desde el punto **O** hasta la línea de acción de la fuerza:

M = P x d (la mínima distancia desde un punto hasta una recta se mide sobre la perpendicular a dicha recta) momento.

En el caso de análisis, se denomina “momento flector”, dado que se considera que el esfuerzo que se realizará sobre el elemento en estudio tenderá a hacerlo rotar, no pudiendo hacerlo por estar anclado firmemente.



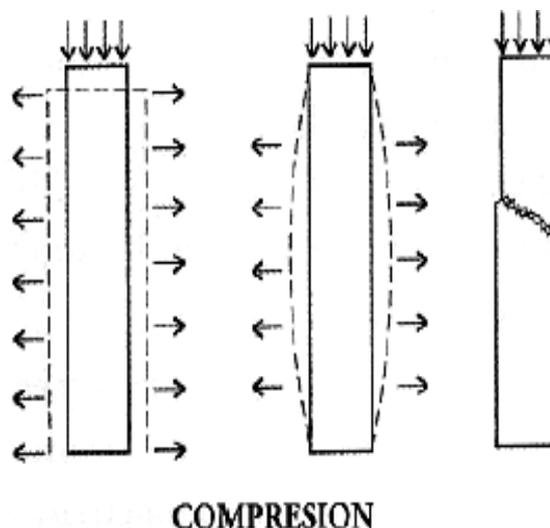


Ejemplo de uso del momento flector para fabricación de estribos en acero
Solicitaciones que soportan los elementos que componen las estructuras.

Esfuerzo de compresión: Cuando aplicamos dos fuerzas intentando acortar el elemento, reducir su longitud, hablamos de compresión. De un modo más científico, diremos que un elemento está sometido al esfuerzo de compresión cuando actúan sobre él dos fuerzas que poseen:

- la misma dirección (sobre una misma línea)
- sentido contrario, son convergentes. Es decir, están dirigidas hacia un mismo punto.

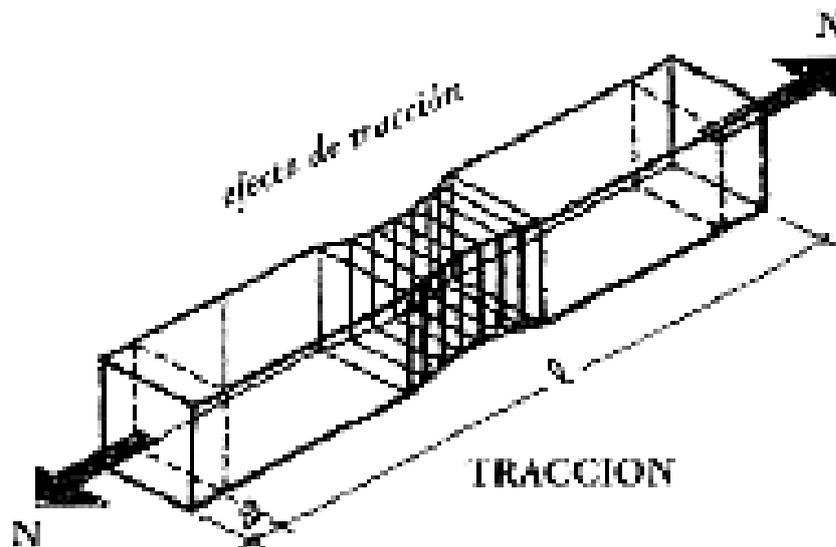
La forma del elemento (su sección y su longitud) influye en el comportamiento de compresión de un elemento, concretamente, el factor denominado esbeltez. La esbeltez es la relación que existe entre la longitud del elemento y la superficie que hay en un corte perpendicular (sección recta). Si un elemento es muy largo con relación a la sección, cuando intentemos comprimirlo, se arqueará, efecto que recibe el nombre de PANDEO.





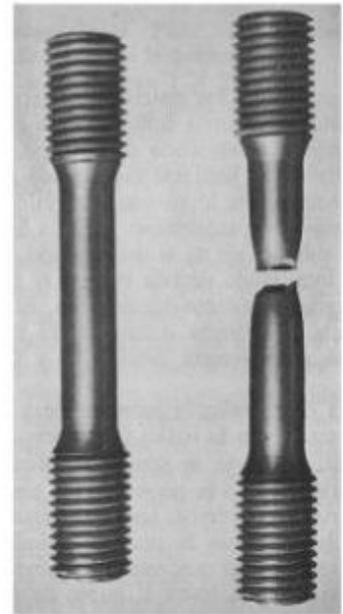
Pandeo por exceso de carga sobre una columna de hormigón armado.

Esfuerzo de tracción: Hace que se separen entre sí las distintas partículas que componen una pieza, tendiendo a alargarla. Por ejemplo, cuando se cuelga un elemento de una cuerda, la cuerda queda sometida a un esfuerzo de tracción, tendiendo a aumentar su longitud.



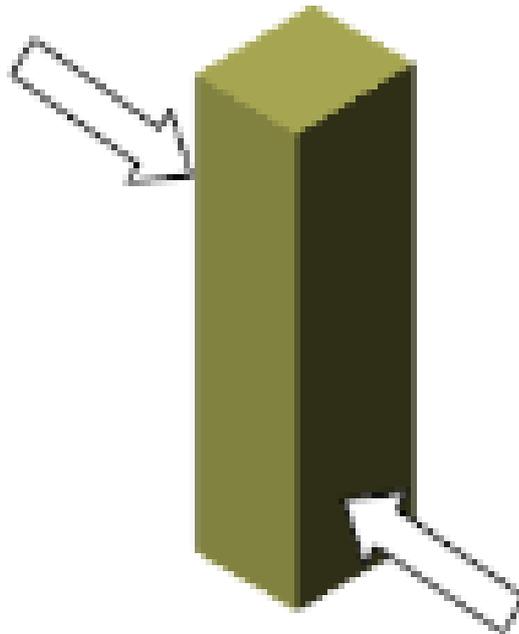
PROBETAS ENSAYO DE TRACCIÓN

Zona de Agarre



Esfuerzo de corte: Es aquel que actúa tangente a la sección. Se produce cuando se aplican fuerzas perpendiculares a la pieza, haciendo que las partículas del material tiendan a resbalar o desplazarse las unas sobre las otras.

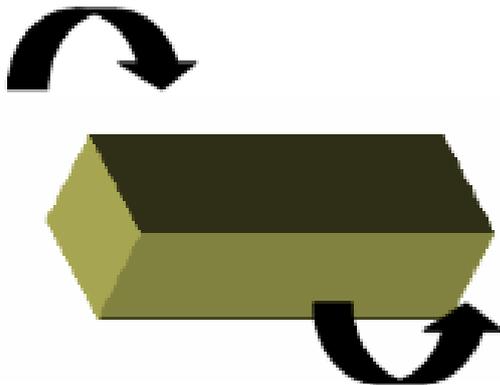
Los puntos sobre los que apoyan las vigas y están sometidos a corte o cizallamiento.





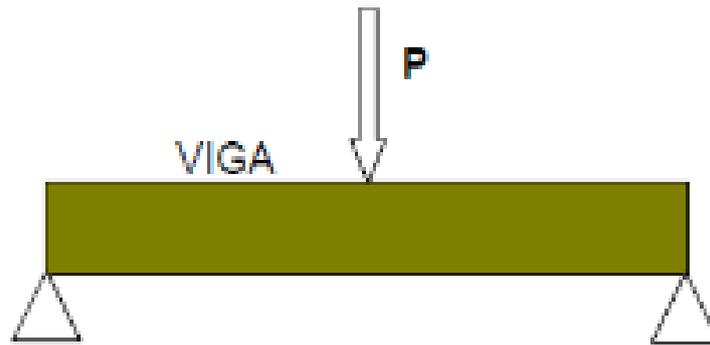
Ensayo de fractura por corte

Esfuerzo de torsión: Las fuerzas de torsión son las que hacen que una pieza tienda a retorcerse sobre su eje central. Torsión es la solitud que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo y genera un esfuerzo cortante. Están sometidos a esfuerzos de torsión los ejes, las manivelas y los cigüeñales.



Ejemplo de esfuerzo por torsión (izq), bulón cortado por esfuerzo de torsión (derecha)

Flexión: Es una combinación de compresión y de tracción. Mientras que las fibras superiores de la pieza sometida a un esfuerzo de flexión se alargan, las inferiores se acortan, o viceversa.



Teoría de Flexión

Falla dúctil en viga simple de concreto pretensado ensayada a flexión en la Universidad de Toronto en junio de 2014.



Prof. Gabriel Rondón



Las tensiones: Las Tensiones Admisibles con las que cada material se opone a la deformación y/o rotura bajo la sollicitación de las Cargas de Servicio (Cargas Actuales), son la que en definitiva determinarán el porte y el comportamiento de una estructura; en función del material escogido y de acuerdo a su Tensión Admisible. En principio se obtendrá la sección necesaria de cada elemento estructural, y aleatoriamente se pueden establecer las posibles deformaciones en relación directa con la rigidez de cada uno de ellos.

Definiciones y gráficos del Departamento de Ingeniería Civil UTN FR Rosario - Tema: Estructura / Cátedra Ingeniería Civil I/Ing. Claudio Giordani, Ing. Diego Leone.

Acero - Definiciones técnicas

Acero: El acero es una aleación de hierro (Fe) y carbono (C), éste último en distintas proporciones entre 0,02 y 2%, y que según el tratamiento aplicado adquiere diferente dureza, elasticidad, maleabilidad, ductilidad o resistencia.

El acero es el material más resistente que se pueda utilizar para la construcción de una estructura a costos viables, con una resistencia y elasticidad que lo torna apto para resolver estructuras que soportan cargas de gran magnitud y facilita la rápida ejecución de las mismas. Entre las aplicaciones principales de este material se pueden mencionar:

- a) Tubos estructurales (circulares, cuadrados y rectangulares).
- b) Perfiles de chapa de acero galvanizado (Steel Framing).
- c) Perfiles.
- d) Perfiles de fundición extruidos.
- e) Perfiles de chapa de acero pre conformados.

Características propias del acero: Este material exhibe propiedades particulares que lo hacen adecuado para la construcción y montaje de estructuras de tipo portante, en ocasiones mezclado con otros materiales con capacidades diferentes, como el hormigón y la madera. Generalmente se valoran cuestiones tanto técnicas como económicas, de disponibilidad, practicidad en el uso, facilidad de instalación etc.

Entre las principales características, se mencionan:

- **Dureza:** Mide la resistencia a la penetración sobre la superficie de un material, efectuada por otro material.
- **Resistencia:** Se definen varias; por ejemplo, resistencia a la tracción, que es la carga máxima por unidad de área que puede soportar el material al ser estirado. Los valores de resistencia son utilizados en todo lo referente al diseño.
- **Ductilidad:** Capacidad que tiene un material para deformarse sin romperse cuando está sometido a esfuerzos de tracción, por ejemplo, el estirado de un alambre.
- **Maleabilidad:** Capacidad que presenta el material para soportar deformación sin rotura, sometido a compresión, caso de forjado o laminado.
- **Fragilidad:** Lo opuesto a la ductilidad. Un material frágil no tiene resistencia a cargas de impacto y se fractura aún en cargas estáticas sin previo aviso. Tanto la fragilidad como la ductilidad de un material son medidas arbitrarias, pero puede decirse que un material con un alargamiento mayor de 5% es dúctil y menor a ese valor es frágil.

- **Tenacidad:** Es la energía absorbida por el material durante el proceso de deformación y ruptura; está directamente relacionada con la resistencia y ductilidad. Por ejemplo, el vidrio, el hierro fundido y el acero endurecido son poco tenaces, porque sus ductilidades son muy bajas y en algunos casos casi cero, aunque tienen una buena resistencia al rayado (son duros). Un metal como el cobre es bastante tenaz, pues tiene una buena resistencia y una buena ductilidad. Mientras que una goma de mascar tiene menos tenacidad, ya que, aunque la ductilidad es enorme su resistencia es muy baja.
- **Elasticidad:** Capacidad de un material que ha sido deformado para regresar a su estado y tamaño original cuando cesa la acción que ha producido la deformación. Cuando el material se deforma permanentemente, de tal manera que no puede regresar a su estado original, se dice que ha pasado su límite elástico.
- **Plasticidad:** Capacidad que tiene un material de tomar nuevas formas y de quedarse en ellas.

Denominación técnica/comercial de los aceros (internacional): Uno de las nomenclaturas para los aceros proviene de la sigla **SAE**, por **SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS**, este formato de clasificación indica, mediante un conjunto de números, el tipo de acero y sus variantes según las impurezas incluidas, las que dotarán al material de diversas propiedades físicas y, por ende, estructurales, siendo modificables en el proceso de fabricación.

Las convenciones para el primer dígito son:

- 1 - CARBONO
- 2 - NIQUEL
- 3 - NIQUEL-CROMO, principal aleante el Níquel
- 4 - MOLIBDENO
- 5 - CROMO
- 6 - CROMO-VANADIO, principal aleante el cromo
- 7 - TUNGSTENO –COBALTO
- 8 - NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO, principal aleante el molibdeno
- 9 – MANGANESO, SILICIO.

El segundo dígito es la suma de los elementos aleantes. Ahora, si hay un elemento que es preponderante con relación a los otros, indica el % de este elemento

Ejemplos:

SAE 1015: 1: Acero al C – 0: Ningún elemento aleante - 15: 0,15% de C.

SAE 2350: 2: Acero al Ni – 3: 3% de Níquel – 50: 0,50% de C.

Denominación técnico/comercial de los aceros (actualizada para Argentina): En la actualidad conviven dos maneras de designar a los aceros, la del sistema anglosajón ya mencionado y la nomenclatura de fluencia (F) para algunos diseños más actuales.

Fluencia: Ésta característica remite al comportamiento del material a medida que se les son exigidas solicitaciones. Durante una primera instancia, el acero pasará a deformarse de manera elástica, esto es pudiendo recuperar su estado anterior, para posteriormente pasar a un periodo de deformación plástica, a partir del cual la situación es permanente y el material se comienza a acercar al límite de rotura impuesto por sus características técnicas.

A diferencia del método nomenclador SAE, el de fluencia hace referencia directa a la dureza del material más que a su estructura fisicoquímica, sin embargo, ambas nomenclaturas dan datos fehacientes sobre la resistencia y confiabilidad de los estándares mencionados. Los aceros con denominación F, remiten a aceros laminados en caliente, este método modela la forma de las piezas, con el material a una temperatura que lo hace dúctil y le aporta propiedades elásticas y de fluencia excelentes para su aplicación en elementos estructurales, maquinaria pesada y similares, donde la resistencia y la flexibilidad sean necesarias.

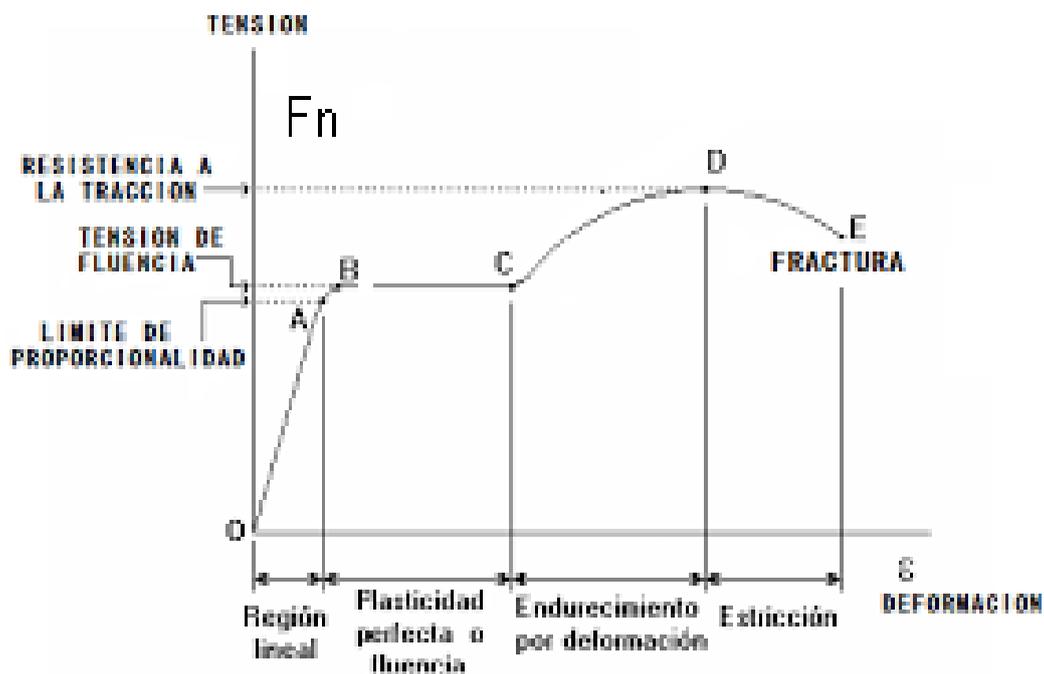


Diagrama de fluencia, relacionando la tensión con la deformación del material (Cirsoc-INTI 2005)

En el caso de los herrajes para la industria de las telecomunicaciones y la electricidad, el acero más utilizado es el SAE 1010 (Acero muy dúctil y maleable, de fácil conformación en frío y muy buena soldabilidad. Puede ser utilizado como acero de cementación; permite la estampación en frío. Bulones, ejes, cadenas, pasadores, bujes, tornillos, tuercas, acoples, racores, remaches; en estado calibrado se usa para la fabricación de ejes.) y el SAE 1038;1040, lo que indica que se

trata de aceros al carbono con entre el 3,8 % y el 4% de añadido de este mineral al hierro. El uso estándar de éste tipo de acero es para varillas, bulones, rieles, engranajes y piezas que requieran alta dureza.

En la nomenclatura F, éste acero se clasifica de acuerdo al fabricante como F-24, de aplicación en elementos estructurales de mediana resistencia.

<https://www.materiales.gelsonluz.com/2020/12/sae-1038-propiedades-mecanicas-quimicas.html>

Clasificación de los aceros, Materiales Metálicos, Ingeniería mecánica UTN Fr Tucuman, Ing. Victor Gomez

#02

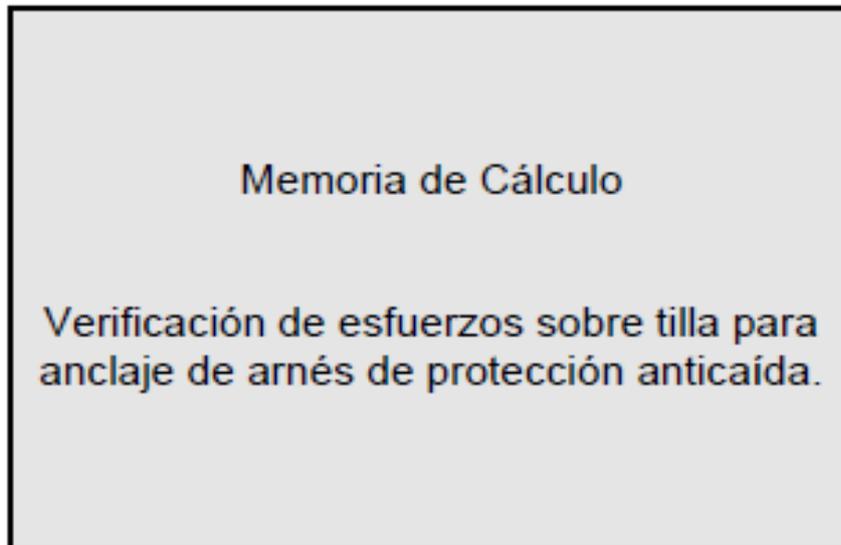
Pasado, presente, futuro

El arnés y el trabajo en altura

Anexo II - Memoria de cálculo



Carrilero N° 22 - Concordia - Entre Ríos - Argentina
pedente@mraservicios.com.ar



Elaboró:

MRA Servicios Industriales S.R.L.



Carrilero N° 22 - Concordia - Entre Ríos - Argentina
gedente@mraservicios.com.ar

Introducción

Se procede con la verificación de la resistencia de una tilla de acero empotrada en la cima de un poste de eucalipto, de la cual se sostiene un vano de cable conductor de energía y se requiere utilizarla como punto de anclaje para arnes de protección anticaída.

Conclusión

El diámetro de tilla de 19 mm no verifica ante el esfuerzo provocado por la caída de un operario, por lo que son necesarios los siguientes diámetros del cuerpo de tilla para que verifique la carga total de 22 kN requerida por normativa (dado el esfuerzo calculado por la caída del operario, el coeficiente de seguridad que se obtiene es de FOS=10).

Acero SAE 1020 → Diámetro mínimo = 54 mm

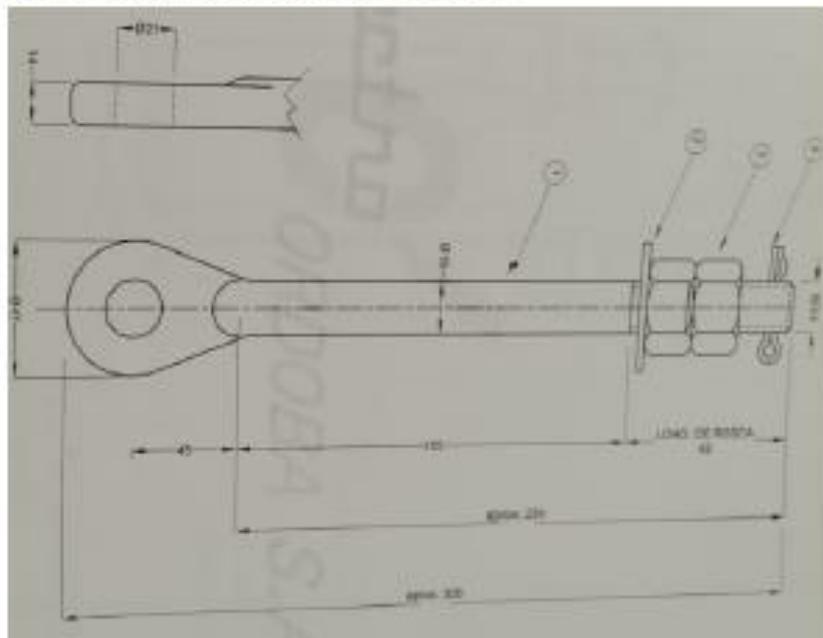
Acero SAE 1045 → Diámetro mínimo = 46 mm

Acero Inoxidable AISI 304 → Diámetro mínimo = 60 mm

Desarrollo

Esfuerzos en la tilla

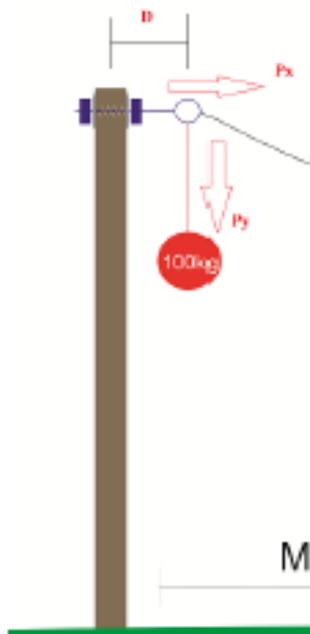
Se encuentra con plano característico de la tilla a verificar:





Ceriego N° 22 - Concordia - Entre Ríos - Argentina
gedente@mraservicios.com.ar

El diagrama de la situación es el siguiente:



Donde "D" es la distancia entre el extremo de la tilla y el centro del poste de madera. "Py" es el esfuerzo vertical, y "Px" es el esfuerzo horizontal.

Hipótesis de cálculo:

- Ante una caída el operario no se desplaza de manera horizontal, por lo que la carga Px solo estará dada por la tensión del conductor.
- Ante una caída el operario solo se desplazará 10 cm de manera vertical.

Se comienza con el cálculo de la fuerza de choque generada por la posible caída del operario.

Es la fuerza que mide el impacto que recibe el sistema de protección contra caídas de altura y, por tanto, el trabajador, durante el proceso de detención de una caída. Esta fuerza de choque puede calcularse mediante la siguiente fórmula de la norma UNE-EN 355:



Carrilero N° 22 - Concordia - Entre Ríos - Argentina
 gadenla@mraservicios.com.ar

$$F_{\text{choque}} = m \cdot g \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot E \cdot S \cdot f}{m \cdot g}} \right)$$

Donde:
 F es la fuerza de choque
 m es la masa del trabajador
 g es la aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)
 E es el módulo de Young de la cuerda
 S es la sección de la cuerda
 f es el factor de caída.

El parámetro más determinante, por la facilidad de reducirlo a niveles mínimos, es el Factor de caída (f).

El factor de caída es un parámetro adimensional que nos permite determinar la gravedad de una caída. Su valor estará comprendido entre 0 y 1, y se calcula dividiendo la altura de la caída (entendida como la distancia total que desciende el trabajador), entre la longitud del equipo de amarre que está disponible para repartir la fuerza de choque de la caída:

$$f = \frac{\text{Altura de la caída}}{\text{Longitud E. amarre}}$$

Dado que el desplazamiento del operario, en este caso, ante una caída es mínimo, el factor de caída se tomará con valor cero. Por lo que la fuerza de choque es:

$$F_{\text{choque}} = m \cdot g + 2 = 100 \text{ kg} + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 2 = 1960 \text{ N} = 200 \text{ kgf}$$

Al no tener el dato preciso del ángulo que forma el conductor con la horizontal, su tensión será tomada tanto en el eje horizontal como en el vertical de manera completa, siendo este el caso más desfavorable.

A continuación, se resumen los datos con lo que se cuentan:

DIAMETRO CUERPO TILLA	19	mm
AREA CUERPO TILLA	283	mm ²
AREA MINIMA OJAL TILLA	132	mm ²
PESO CONDUCTOR	25	kgf
CARGA CHOQUE	200	kgf
DISTANCIA TILLA-CENTRO POSTE	180	mm

A partir de estos datos calculamos el módulo resistente de la tilla, los esfuerzos "Py" y "Px" a la cual está sometida y el momento flector que genera el esfuerzo de caída del operario.

MODULO RESISTENCIA TILLA	673	mm ³
ESFUERZO PX	25	kgf
ESFUERZO PY	223	kgf
MOMENTO FLECTOR	36000	kgmm



Carrilero N° 22 - Concordia - Entre Ríos - Argentina
 gcedente@mraservicios.com.ar

Ahora se calculan los distintos esfuerzos generados por las solicitaciones a la que estará sometida la tilla y se suman de manera vectorial para obtener el máximo valor de tensión compuesta a la que estará expuesta:

TENSION POR TRACCIÓN	0,19	kg/mm ²
TENSION POR FLEXIÓN	53,4	kg/mm ²
TENSION POR CORTE	1,7	kg/mm ²
TENSION COMPUESTA	53,7	kg/mm ²

Debemos comparar esta máxima tensión obtenida con las tensiones de fluencia de los distintos materiales.

TENSION COMPUESTA	53,7	kg/mm ²
TENSION FLUENCIA SAE 1020	27	kg/mm ²
TENSION FLUENCIA SAE 1045	40	kg/mm ²
TENSION FLUENCIA AISI 304	21	kg/mm ²

Como se observa, ningún material verifica a la tensión solicitada. Por lo que se recomienda incrementar el diámetro de la tilla a utilizar ya que la actual no verifica.

Luego de varias iteraciones se obtiene el diámetro de tilla que verifica a los esfuerzos solicitados para cada material y un coeficiente de seguridad FOS = 10 para que verifique el esfuerzo de 22kN requerido por normativa.

MATERIAL	DIAMETRO TILLA (MM)	TENSION COMPUESTA (KG/MM ²)	TENSION FLUENCIA (KG/MM ²)	COEF. SEG.
SAE 1020	54	2,71	27	10
SAE 1045	46	3,76	40	10
AISI 304	60	2,17	21	10

Esfuerzos en el poste

Para el caso de los esfuerzos sobre el poste, como la caída de un operario solo genera esfuerzos verticales se deberá corroborar que la carga crítica de pandeo sea mayor a la carga generada por la caída del operario.

Se considerará un diámetro uniforme de poste de 180 mm y las siguientes alturas de estadio:

DIAMETRO POSTE	180	mm
ALTURA DEL POSTE 1	10	m
ALTURA DEL POSTE 2	7	m
ALTURA DEL POSTE 3	5	m
ALTURA DEL POSTE 4	3	m



Ceriego N° 22 - Concordia - Entre Ríos - Argentina
gacenta@mraservicios.com.ar

Se considera un módulo de elasticidad para el eucalipto de 10324 N/mm² (Bibliografía INTA) y se obtienen las siguientes cargas críticas:

CARGA CRITICA PANDEO ALT 1	2678	kg
CARGA CRITICA PANDEO ALT 2	3487	kg
CARGA CRITICA PANDEO ALT 3	10715	kg
CARGA CRITICA PANDEO ALT 4	29763	kg

Como se observa todas las cargas críticas son mayores a la carga "Py" afectada por el FOS de 11 (2473 kg) por lo que se verifica al pandeo en todos los casos.

Anexo III - Presupuesto de mejora por cuadrilla



27-12781196-8

Concordia 2 de Mayo de 2023

PRESUPUESTO

Item	Descripcion	Cantidad	Precio	Total
1	Arnes cr04 3 puntos Caran	1	\$ 26.400,00	\$ 26.400,00
2	Pértiga telescópica con T4 y soga 14mm 7 mts	1	\$ 680.000,00	\$ 680.000,00
3	Soga de 14 mm Caran	15	\$ 2.200,00	\$ 33.000,00

Precios finales
Mantenimiento de oferta 2 días
Entrega 30 días
Saludos Medrano Luis