



Máster de Prevención de Riesgos Laborales

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS DE SEGURIDAD DE TRABAJOS EN ALTURA EN EL SECTOR DE INSTALACIÓN DE PLACAS FOTOVOLTAICAS.

Alumno: Luis Carlos del Corral García

Tutor: Rafael Pérez Sedano

Curso: 2024-2025



INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

D. RAFAEL PÉREZ SEDANO, Tutor del Trabajo Fin de Máster titulado '*GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS DE SEGURIDAD DE TRABAJOS EN ALTURA EN EL SECTOR DE INSTALACIÓN DE PLACAS FOTOVOLTAICAS*' realizado por el estudiante LUIS CARLOS DEL CORRAL GARCÍA.

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 25/05/2025

RESUMEN:

El presente trabajo fin de máster tiene como objetivo de servir de guía para obtener una serie de medidas preventivas y también tener unas consideraciones previas a la hora de realizar trabajos en altura y concretamente en el sector de la instalación de placas fotovoltaicas, para así poder aumentar en la medida de lo posible, las medidas de seguridad y, por consiguiente, reducir los accidentes de trabajo que se puedan producir.

Este trabajo ha tomado como ejemplo el sector de instalación de placas fotovoltaicas porque tanto en la actualidad como en el futuro próximo, el sector energético español prevee que este tipo de trabajos aumenten considerablemente debido a que por un lado, a nivel europeo se está exigiendo un mayor porcentaje de abastecimiento de energías renovables, y por otro, para cubrir las necesidades energéticas tanto de particulares como de empresas.

Por lo tanto, España se encuentra en una situación geográfica a nivel europeo en el que se ve fuertemente favorecida por las condiciones climáticas para poder explotar este sector de trabajo y así cumplir los requisitos anteriormente expuesto. Esto está provocando que aumente la demanda de trabajo en este área de trabajo y, por consiguiente, que aumenten los accidentes laborales en este ámbito profesional.

PALABRAS CLAVES: **máster, placas fotovoltaicas, medidas preventivas, evaluaciones de riesgo, trabajos en altura.**

INDICE

<u>1.INTRODUCCIÓN</u>	5
<u>2.JUSTIFICACIÓN</u>	6
<u>3.OBJETIVOS</u>	7
3.1.OBJETIVO GENERAL.....	7
3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
<u>4.FUNDAMENTOS PREVIOS</u>	8
4.1. FORMACIÓN.....	8
4.2. TIPOS DE INSTALACIONES DE PLACAS FOTOVOLTAICAS.....	9
4.3. TRABAJOS EN ALTURA.....	14
4.3.1.DEFINICIÓN DE TRABAJO EN ALTURA Y RIESGO DE CAÍDA.....	14
4.3.2.TIPOS DE TRABAJOS EN ALTURA.....	17
4.3.3.TIPOS DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LAS CAÍDAS EN ALTURA.....	25
4.3.4.TRABAJOS A LA INTEMPERIE.....	35
<u>5.MATERIAL Y MÉTODOS</u>	47
5.1.METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGO BASADO EN EL INSST.....	47
5.2.FICHAS EVALUACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE TRABAJOS EN ALTURA.....	59
<u>6.CONCLUSIONES</u>	75
<u>7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	76
<u>8.ANEXOS</u>	82

1 INTRODUCCIÓN

La energía solar en España está alcanzando un nivel avanzado de desarrollo. En 2022, se registró un récord en la instalación de energía solar fotovoltaica, posicionando a España como el segundo mercado solar más grande de Europa. Con más de 3.000 horas de sol al año, España tiene una ventaja significativa para atraer inversiones en energía solar fotovoltaica, por lo tanto, la energía fotovoltaica se volverá cada vez más crucial para alcanzar los objetivos climáticos que Europa se ha propuesto para 2030. La tecnología fotovoltaica es el método más rápido para incrementar la proporción de energías renovables en el sistema energético, ya que es confiable, fácil de instalar y requiere de poco mantenimiento.

En el ámbito europeo, se está avanzando significativamente hacia un futuro más renovable, siguiendo el nuevo objetivo establecido por el Parlamento y el Consejo Europeo, que eleva la meta de energías renovables de la UE para el 2030 a un mínimo del 42,5%, comparado con el objetivo actual del 32%. Esto implica que prácticamente se necesitaría duplicar la proporción actual de energía renovable en la Unión Europea.

Debido a todo lo comentado anteriormente, la demanda de instalaciones de placas fotovoltaicas aumentará considerablemente, lo que significa la entrada de muchos trabajadores en este sector para poder realizar estos trabajos. En el marco de la Seguridad y Salud, estos nuevos trabajadores se verán expuestos a riesgos de diferente naturaleza los cuales deberán ser identificados, analizados y tras realizar estos pasos, tomar las medidas preventivas y protección necesarias para minimizar dichos riesgos. Los riesgos por los cuales se centra este trabajo fin de máster se trata de trabajos en altura en el sector de las instalaciones de placas fotovoltaicas, ya que son los más característicos que se enfrentan los trabajadores en este sector.

2 JUSTIFICACIÓN

El motivo para realizar este trabajo fin de máster es por la importancia de evaluar los riesgos que conllevan el trabajo de instalaciones de placas fotovoltaicas sobre todo cuando se realizan en cubiertas o tejados, prestando especial atención en aquellos peligros de caídas en altura cuando se están realizando estas labores.

Debido a que la demanda de este tipo de instalaciones va a aumentar por lo comentado en el apartado anterior, también incrementará irremediablemente el número de accidentes que se produzcan durante la ejecución de los trabajos, se pretende buscar medidas de seguridad y protección en base a la evaluación de los riesgos de este tipo de labores para así poder minimizar en lo posible el número de accidentes laborales, que en el peor de los casos provocan la muerte del operario.

Desde otro punto de vista, también es necesario que se trabaje en un ambiente lo más seguro posible por varios motivos y son que el propio trabajador se encuentre cómodo y seguro en su lugar de trabajo y, sobre todo, si entraña riesgos de caídas en altura, entre otros peligros. Esto provocará que se realice el trabajo de forma mas eficiente y con mayor rendimiento. Y por otro lado está el punto de vista del empresario que ofrece estas instalaciones a sus clientes y es que si realiza un trabajo con mejores medidas de seguridad para evitar este tipo de accidentes, promueve un trabajo mas rentable debido a que evita contratiempos por accidentes ocasionados, y en el peor de los casos si se producen accidentes graves o muertes, evita también sanciones económicas e incluso mala reputación sobre la imagen de su empresa.

3 OBJETIVOS

En el presente trabajo fin de máster se pueden obtener diferentes objetivos dependiendo si el enfoque es de forma general, o si por el contrario se quiere tener un punto de vista mas específico. Por lo tanto, los tipos de objetivos se clasifican en los siguientes:

3.1.OBJETIVO GENERAL

El objetivo general que se quiere conseguir en este trabajo es sirva de guía para poder identificar, evaluar y establecer unas medidas preventivas en cuando a trabajos que se realizan en altura y concretamente, en el sector de instalaciones de placas fotovoltaicas.

Estas conclusiones en lo referente a las medidas preventivas ante trabajos en altura en el que el principal riesgo es caída en distinto nivel a la hora de realizar los trabajos por parte de los operarios, pueden servir de guía para las empresas o técnicos que quieran realizar una evaluación de riesgos ante estos tipos de trabajos.

3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos podemos considerar a cada una de las medidas preventivas que se obtienen como resultados al valorar los riesgos en los distintos situaciones de trabajo que se llevan a cabo cuando se realizan las instalaciones de placas fotovoltaicas, y más concretamente, cuando estas labores se ejecutan en altura, que es donde se centra el presente trabajo fin de máster. Las diferentes situaciones a las que se enfrenta el operario y es necesario aumentar las medidas de seguridad son las siguientes:

- ◆ Acceso a cubiertas mediante escaleras de mano.
- ◆ Trabajo sobre plataformas elevadoras y/o andamios.
- ◆ Trabajos en cubiertas transitables.
- ◆ Trabajo en cubiertas frágiles.
- ◆ Operaciones de elevación de materiales

4 FUNDAMENTOS PREVIOS

4.1.FORMACIÓN

Para poder minimizar los accidentes y garantizar unas buenas prácticas a la hora de realizar los trabajos durante la instalación de placas solares fotovoltaicas y desde el punto de vista de Seguridad y Salud, es fundamental que los trabajadores tengan buena formación en cuanto a la materia se refiere. Este aspecto de la formación es muy importante y se contempla en el artículo 19 en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y dice lo siguiente:

El artículo 19 trata sobre la formación de los trabajadores en prevención de riesgos laborales. Dice que es obligación del empleador asegurarse de que todos los empleados reciban una formación adecuada y suficiente, tanto teórica como práctica. Esta formación debe proporcionarse cuando el trabajador es contratado, sin importar el tipo o duración del contrato. También debe ofrecerse formación adicional si el trabajador cambia de funciones, se introducen nuevas tecnologías o se actualizan los equipos de trabajo.

La formación debe ser específica para el puesto de cada trabajador y adaptarse a los riesgos que puedan surgir con el tiempo. Además, es necesario repetir esta formación de manera periódica si se considera necesario para mantener a los trabajadores al tanto de los riesgos y medidas de prevención.

En cuanto a las condiciones para impartir la formación, esta debe realizarse durante el horario laboral siempre que sea posible. Si no es factible, la formación puede llevarse a cabo fuera del horario laboral, pero el tiempo utilizado debe descontarse del horario de trabajo. Además, el costo de esta formación no debe recaer sobre los empleados. La empresa puede ofrecer esta formación por sus propios medios o contratar servicios externos para impartirla.

4.2. TIPOS DE INSTALACIONES DE PLACAS FOTOVOLTAICAS

Este tipo de instalaciones permite gran flexibilidad a la hora de realizar su instalación por lo que se podrán ejecutar en multitud de lugares (sobre suelo, tejados, cubiertas de edificios e industrias, etc.). Aunque las instalaciones se realicen bajo las mismas fases, nos encontraremos diferentes características en cuanto a materia de seguridad y salud se refiere.

4.2.1 INSTALACIONES SOBRE SUELO

El trabajo sobre instalaciones de las placas fotovoltaicas sobre suelo son las que menos peligros tienen con respecto a las que se realizan en altura, pero no quiere decir que los riesgos sean mínimos o haya que descuidar los aspectos de seguridad y salud durante este tipo de trabajo. Toda o casi toda la ejecución de la instalación se realizará sobre suelo firme. Dentro de las instalaciones sobre el suelo se pueden clasificar según la extensión que ocupen las placas fotovoltaicas sobre el terreno:

Terreno en cota cero:

Estas instalaciones tienen como peculiaridad que son más pequeñas y, por lo tanto, no ocupan grandes extensiones sobre el terreno lo que le permite que no se tengan que realizar modificaciones ni movimientos de tierras previos para poder llevar a cabo el trabajo. Son el caso de huertos solares y los riesgos principales en este tipo de ejecución son los propios de la instalación de las placas fotovoltaicas debido a que no hay que tener en cuenta mas factores externos. Estos riesgos son por ejemplo caídas de carga durante su transporte, atrapamientos, golpes y cortes, caídas de personas al mismo nivel provocados por tropiezos o pisadas sobre objetos, etc.

Terrenos sobre desniveles:

Al contrario del apartado anterior, este tipo de instalaciones que se denominan macro fotovoltaica, se realizan en grandes extensiones de terreno, lo que conlleva casi con toda seguridad, que el terreno presente grandes desniveles topográficos y no permite que se hagan correctamente las instalaciones de las placas. Para evitar estos problemas es

necesario realizar modificaciones sobre el terreno donde se vaya a ubicar la instalación y esto se realiza mediante maquinaria pesada, lo cual pueden presentar diferentes riesgos durante la ejecución de los trabajos como pueden ser atropellos con la maquinaria, vuelcos, vibraciones, etc.



Imagen 1: instalación de planta macro fotovoltaica (imagen obtenida de la página web <https://landatusolar.com/alternativa-macro-plantas-solares-campos-energia-solar-flotante/>)

4.2.2 INSTALACIONES SOBRE CUBIERTA

En estas instalaciones entra una característica muy importante en cuanto a seguridad en el trabajo se refiere y es el de realizar los trabajos en altura. Este aspecto es muy importante a la hora de analizar los riesgos y establecer medidas de prevención y protección que van a influir en cierta medida a los operarios en el momento de ejecutar las instalaciones y es donde se centra gran parte los objetivos del presente trabajo fin de máster.

Es importante distinguir los tipos de cubiertas donde se vayan a ejecutar los trabajos porque se evaluarán los riesgos de diferentes forma según proceda, por lo tanto tenemos:

Cubiertas transitables:

Este tipo de cubiertas tiene la peculiaridad de que son accesibles para las personas, es decir, que para acceder a ellas se puede realizar por el mismo edificio de forma interna, por lo tanto, están adaptadas para ofrecer mayor garantías de seguridad para todo aquel

que quiera acceder a la cubierta. Estas adaptaciones pueden ser escaleras internas o barandillas de seguridad en la parte exterior por ejemplo.



Imagen 2: Instalación de placas sobre cubierta. Barandillas de seguridad.(Imagen obtenida de la página web <https://escayolasbedmar.com/productos/sistemas-para-cubiertas-y-fachadas/claraboyas-y-lucernarios/>)

Cubiertas de naves industriales y/o viviendas:

A diferencia de las cubiertas descritas anteriormente, éstas el inconveniente que tiene y donde entraña mayor riesgo de peligro de accidente es a la hora de acceder a ellas debido a que no se pueden acceder por el interior del edificio sino que se tiene que realizar de forma externa. Este acceso desde el exterior se tiene que realizar con máquinas especializadas como plataformas elevadoras o de otra forma mediante medios auxiliares como pueden ser escaleras, andamios, etc.

En el caso particular de las viviendas, también será necesario extremar las medidas de seguridad en lo que respecta a evitar daños a terceros como pueden ser los habitantes de las viviendas propias o colindantes y también a las personas que transiten cerca de donde se realizan los trabajos de instalación.



Imagen 3: placas fotovoltaicas sobre tejados de naves industriales (Imagen obtenida de la página web <https://www.ambgreenpower.com/autoconsumo-fotovoltaico-industrial/>)



Imagen 4: placas fotovoltaicas sobre tejados de vivienda (Imagen obtenida de la página web <https://www.proalt.es/proalt-en-instalaciones-fotovoltaicas/>)

Cubiertas frágiles o de fuertes pendientes:

Este tercer tipo de cubierta presenta la característica de que los trabajadores no realizan la instalación de las placas fotovoltaicas sobre la cubierta, sino que realizan el trabajo desde el exterior, sin que los trabajadores lleguen a acceder a ella. Esto es debido a que durante los trabajos sobre este tipo de cubiertas presentan alto riesgo de caídas en altura por diferentes causas como pueden ser el deterioro del material de la cubierta que provoque su rotura, elementos frágiles como cristaleras, tragaluz, etc, etc. A nivel general y como guía, podemos considerar que una cubierta será frágil si su material de cobertura es alguno de los que se encuentran mencionados en la clasificación de la NTP 448 sobre trabajos en cubiertas de materiales ligeros, como por ejemplo las chapas onduladas cuyo material se compone de acero o de aluminio, son resistentes a la corrosión y ligeros de peso y pueden romperse con relativa facilidad al transitar sobre ellos. Otro ejemplo de este tipo de cubiertas frágiles son las de material de vidrio, cuyas características son que es un material anticorrosivo y transparente, pero también pueden romperse con facilidad y muy frágiles a cualquier tipo de golpe o manipulación. Por último, otro ejemplo son los tragaluces que sirven de aberturas en el techo cuya misión es que penetre la luz natural desde exterior hacia el interior. El material de los tragaluces pueden ser varios como vidrio, plástico o acrílico y tienen las mismas desventajas que los materiales descritos anteriormente que son la de romperse con facilidad y materiales frágiles.

En cuanto a normativa (no obligatoria), la NTP 448 es la que aborda de manera más específica las situaciones de trabajo sobre cubiertas de materiales frágiles, así como las medidas de prevención y protección necesarias. En términos legislativos, además de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales, el RD 486/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo establece en su Anexo I que “El acceso a techos o cubiertas que no ofrezcan suficientes garantías de resistencia solo podrá autorizarse cuando se proporcionen los equipos necesarios para que el trabajo pueda realizarse de forma segura”.

Aunque cada situación de trabajo y cada cubierta requieren soluciones específicas, hay una serie de medidas generales que debemos considerar para trabajar de manera segura sobre cubiertas de materiales frágiles:

1. Identificación de situaciones de trabajo en cubierta:
2. Información e instrucción a los trabajadores:
3. Uso de plataformas elevadoras móviles de personas (PEMP)
4. Señalización clara de los lucernarios de la cubierta.
5. Medidas de protección adicionales como por ejemplo barandillas, pasarelas, sistemas de retención, líneas de vida, etc.

Por lo tanto, además de las medidas características que se deben de tomar, también los accesos se realizarán desde maquinaria específica para este tipo de trabajo, con protecciones adaptadas a estos casos.



Imagen 5: instalación en una fachada usando plataforma elevadora. (Imagen obtenida de la página web <https://maximdomenech.es/maquinaria-tv/tipos-de-plataformas-elevadoras-elegir-adecuada/>)

4.3.TRABAJOS EN ALTURA

4.3.1.TRABAJO EN ALTURA Y RIESGO DE CAÍDA:

Los trabajos en altura se pueden describir como los que se realizan por encima del nivel del suelo, donde existe el riesgo de que un trabajador pueda caer y sufrir daños

personales. Específicamente, si hay un peligro de caída desde una altura superior a dos metros, es obligatorio usar protección contra caídas. Esta medida se toma para evitar que el trabajador caiga desde la superficie en la que está trabajando hasta un nivel inferior sin ningún tipo de protección. Sin embargo, también puede haber riesgos adicionales debido a la naturaleza del lugar de trabajo, como la presencia de objetos punzantes, zonas de paso de maquinaria o incluso el riesgo de caer al mar. Por lo tanto, una evaluación de riesgos determinará si es necesario adoptar medidas de prevención o protección incluso para alturas menores a dos metros.

Idealmente, los trabajos en altura deben realizarse desde lugares fijos que no requieran el uso de equipos de trabajo, siempre que se garantice la seguridad y se puedan realizar en condiciones ergonómicamente adecuadas. Si esto no es posible, la empresa tiene la obligación, según lo establecido en el artículo 3 del Real Decreto 1215/1997, de elegir el equipo de trabajo adecuado y adaptado a la tarea específica. Esto incluye cumplir con las normativas, tomar medidas para evitar o reducir los riesgos, mantener los equipo en buen estado y proporcionar formación e información al personal, tal y como se indica en este mismo decreto en el artículo 5. Este decreto es de aplicación cuando se utilizan escaleras de mano, andamios, sistemas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas, o trabajos verticales.

Además de estos equipos, hay también otro tipo de maquinaria que están mejor adaptadas y permiten un mejor desempeño de los trabajos en altura que son los transelevadores o plataformas elevadoras móviles de personas (PEMP). También hay trabajos en altura que no utilizan equipos de trabajo o máquinas, como los realizados sobre techos en obras de construcción o en la poda y tala de árboles , donde se usan sistemas de sujeción específicos.

En el caso de trabajos temporales en altura, se deben seguir las directrices del apartado 4 del anexo II del Real Decreto 1215/1997. Esto significa que se deben seleccionar los equipos de trabajo más apropiados para asegurar y mantener condiciones de trabajo seguras. Es fundamental priorizar las medidas de protección colectiva sobre las medidas de protección individual y la elección de los equipos no debe basarse en criterios económicos. Al evaluar los riesgos y seleccionar los equipos para trabajos en altura, se deben considerar varios factores para asegurar la máxima seguridad.

La evaluación de riesgos es un proceso crítico en la planificación de trabajos en altura. Este proceso implica identificar los peligros potenciales asociados con el trabajo y determinar las medidas preventivas necesarias. Por ejemplo, si un trabajador necesita realizar tareas en un andamio, se debe evaluar la estabilidad del andamio, el tipo de superficie sobre la que se monta, y la presencia de barreas de seguridad. Además, se deben considerar factores ambientales como el viento, la lluvia o cualquier otra condición climática que pueda aumentar el riesgo de caída.

En conclusión, la seguridad en los trabajos en altura requiere una planificación cuidadosa y la implementación de medidas adecuadas para prevenir caídas y otros riesgos asociados. La normativa vigente, como el Real Decreto 1215/1997, proporciona un marco detallado para garantizar que los trabajadores reciban la protección necesaria, ya sea mediante la selección de equipos adecuados, la formación del personal o la adopción de medidas de protección colectivas. Las empresas deben adherirse estrictamente a estas regulaciones para asegurar un entorno de trabajo seguro y minimizar los riesgos para los trabajadores que realizan tareas en altura.

En cuanto a la evaluación de riesgos y a la hora de elegir los equipos de trabajo para realizar las labores en altura, es importante tener en cuenta una serie de aspectos que en este tipo de trabajo, cobra mayor importancia como son:

- cada una de las fases de ejecución de los trabajos y también las tareas que se deben de realizar en cada una de ellas, además de la instalación de montaje y desmontaje el mismo equipo de trabajo;
- el tipo de trabajo que se va a ejecutar;
- dificultad a la hora de realizar las tareas porque va a influir en las posturas, esfuerzos y/o movimientos necesarios para llevarlo a cabo, en definitiva, las condiciones ergonómicas que se tienen que practicar para ejecutar dichas tareas;
- medios, utensilios, herramientas y materiales que se utilizan para realizar las labores;
- tiempo que se emplea para llevar a cabo las tareas;
- situación y altura de la zona de trabajo en cada momento, al igual que las condiciones en las que se encuentra el lugar del puesto de trabajo;

- cantidad de trabajadores que se emplea para las diferentes tareas;
- tanto en tareas de exterior como de interior, las condiciones meteorológicas y ambientales;
- tipos de medidas de protección colectiva, equipos de protección individual y medidas de protección adicionales como por ejemplo señalizaciones y delimitaciones.

4.3.2. TIPOS DE TRABAJOS EN ALTURA

4.3.2.1. ESCALERAS DE MANO.

Este equipo de trabajo, según la Guía Técnica de Equipos de Trabajo, “son aquellas que se pueden transportar sin necesidad de maquinaria, e incluyen tanto las escaleras rígidas como las de cuerda”. La norma UNE-EN 131-1 ofrece una definición mas detallada, describiéndolas como “dispositivos con peldaños o escalones que permiten a una persona subir o bajar y que se pueden mover y colocar manualmente”.



Imagen 6: tipos de escaleras de mano. (imagen obtenida de la página web <https://www.ferreteriaprincipat.com/prevencion-de-accidentes-con-escaleras-de-mano/>)

De acuerdo con el apartado 4.1.2. del Anexo II del Real Decreto 1215/1997, “el uso de escaleras de mano implica siempre un riesgo, por lo que debe restringirse a situaciones donde el uso de equipos más seguros no sea viable debido al bajo nivel de riesgo y las

características del lugar de trabajo”. Por ejemplo, en espacios reducidos donde no se puede utilizar otro tipo de equipo, una escaleta de mano podría ser la única opción práctica.

4.3.2.2. ANDAMIOS.

Según la Guía Técnica para evaluar y prevenir riesgos en el uso de equipos de trabajo, basadas en la normativa del Real Decreto 1215/1997, los andamios “son estructuras compuestas por diversos componentes, montados de forma temporal o permanente, diseñados para facilitar labores en alturas y permitir acceso a diferentes áreas de trabajo, así como para almacenar herramientas y materiales necesarios”.

En el mercado hay una gran variedad de andamios como pueden ser e, los que se instalan mediante prefabricados modulares o metálicos tubulares, torres de acceso tanto fijas como móviles, andamios compuestos por escalera y crucetas, de caballetes o borriquetas cuya altura máxima es de 3 metros, etc.



Imagen 7: andamio para realizar instalación de placas fotovoltaicas sobre vivienda. (imagen obtenida de la página web https://altrex.com/es_ES/andamios-de-aluminio/shuttle)

4.3.2.3. SISTEMA DE ACCESO Y POSICIONAMIENTO MEDIANTE CUERDAS O TRABAJOS VERTICALES.

Las técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas se emplean para acceder a diversos entornos, tanto naturales como construidos por el hombre. Estas técnicas permiten trabajar en árboles, acantilados, pozos, fachadas de edificios, diques, taludes, puentes, silos, postes, torres de telecomunicación, líneas eléctricas aéreas y espacios confinados. En referencia a realizar instalaciones de placas fotovoltaicas, este sistema no es habitual utilizarlo, pero puede darse alguna situación puntual en la que acceder a la zona de trabajo pueda ser complicada o incluso hacer alguna maniobra concreta durante la ejecución de la instalación, en la que este tipo de sistema podría ser una opción.

El sistema de acceso mediante cuerdas incluye una línea de trabajo y una línea de seguridad, ambas fijadas de manera independiente. Sin embargo, en casos excepcionales, donde la evaluación del riesgo indique que el uso de una segunda cuerda incrementa el peligro, se puede usar una sola cuerda. En tales situaciones, es necesario justificar técnicamente esta decisión y tomar medidas adicionales para garantizar la seguridad. Ambas líneas utilizan dispositivos reguladores de cuerda que permiten al usuario ajustar su posición y estar protegido contra caídas.



Imagen 8: trabajo vertical mediante cuerdas. (Imagen obtenida en la página web
<https://orionseguridad.es/producto/pescante-para-trabajos-verticales/>)

El uso de técnicas de acceso y posicionamiento con cuerdas debe limitarse a situaciones donde la evaluación de riesgos confirme que el trabajo puede realizarse de forma segura y cuando no sea justificado el uso de otro equipo de trabajo más seguro. Las razones para no utilizar otros equipos de trabajo, que en principio podrían ser más seguros, son las de que no sería técnicamente posible llevar a cabo dicha tarea con otros medios o equipos, el empleo de otros medios o equipos puede crear mas riesgo que los que podría ocasionar la utilización del sistema de cuerdas y otra razón por la que utilizar esta técnica de acceso y posicionamiento con cuerdas es por su rapidez y facilidad de montaje frente a otros sistemas, por lo que es preferente usar las cuerdas para actuaciones que requieran una acción urgente o breve en el tiempo.

En cuanto a la normativa y guías mas destacadas que le aplican a este tipo de sistemas, sin entrar mucho en detalle porque no es un método muy habitual de trabajo en instalación de placas solares, son las siguientes:

- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Varias Notas Técnicas de Prevención (NTP) publicadas por el INSST como son el NTP 682 que corresponde con la Seguridad en trabajos verticales centrado en equipos, NTP 683 también en Seguridad en trabajos verticales pero haciendo referencia a técnicas de instalación, NTP 684 igual que antes pero en técnicas de progresión, y por último la NTP 789 que se basa en técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas en trabajos verticales.

4.3.2.4. PLATAFORMAS ELEVADORAS MÓVILES DE PERSONA (PEMP).

Las plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP), de acuerdo con la norma UNE-EN 280-1:2023, la cual anula a la anterior norma UNE-EN 280:2014, se definen como “máquinas móviles diseñadas para transportar personas a una posición de trabajo donde pueden realizar diversas tareas”. Estas plataformas están concebidas para que los usuarios accedan y salgan únicamente desde posiciones de acceso a nivel del suelo o sobre el chasis. Una PEMP al menos tiene que contener una plataforma con mandos de controles, una estructura extensible y un chasis.

Las PEMP se clasifican en dos grupos según la proyección vertical del centro de gravedad: grupo A y grupo B. Además, se dividen en tres tipos en función de su modo de traslación: Tipos 1, 2 y 3.

Según la clasificación dependiendo de la proyección vertical del centro de gravedad tenemos las del tipo A que corresponden a cuya proyección de su centro de gravedad está situada dentro de las líneas de vuelco. Ejemplos de este tipo de maquinaria son las PEMP unipersonales, mástil de tijera o mástil vertical. Por otro lado, tenemos las del tipo B que se tratan de brazos articulados o de estructura telescópica.

El otro tipo de clasificación tenemos en primer lugar las del tipo 1 que son aquellas máquinas que el movimiento de traslación sólo se puede realizar cuando se encuentra en posición de transporte, por lo que esta acción no se puede realizar durante el momento de trabajo. En segundo lugar están las del tipo 2 en el que permite trasladarse con la plataforma de trabajo elevada, aunque sólo es posible su accionamiento mediante un control de mandos el cual está situado en el chasis. Y por último, están los PEMP tipo 3, los cuales tienen la función de poder trasladarse con la plataforma de trabajo en situación elevada y manejado desde un sistema de mandos el cual está ubicado en la misma plataforma de trabajo.

La elección de una plataforma elevadora móvil de personal (PEMP) se basará en varios criterios. Estos incluyen la altura de trabajo necesaria, el número máximo de usuarios que estarán en la plataforma al mismo tiempo, y el peso de las herramientas y materiales que se utilizarán. También se considerará el tipo de trabajo realizar (ya sea en entornos de

alta o baja tensión), el entorno en el que se llevará a cabo (ya sea en interiores, exteriores o en zonas con atmósferas explosivas -ATEX), y la configuración del espacio (incluyendo obstáculos a nivel del suelo, en altura o dentro del rango de movimiento de la plataforma, como líneas eléctricas). Además, se tomará en cuenta el acceso al lugar de trabajo y la morfología del terreno.

A continuación se muestran en las tablas 1 y 2, las clasificaciones de las PEMP según UNE-EN 280 descrito anteriormente y también los tipos de plataformas con sus correspondientes imágenes.

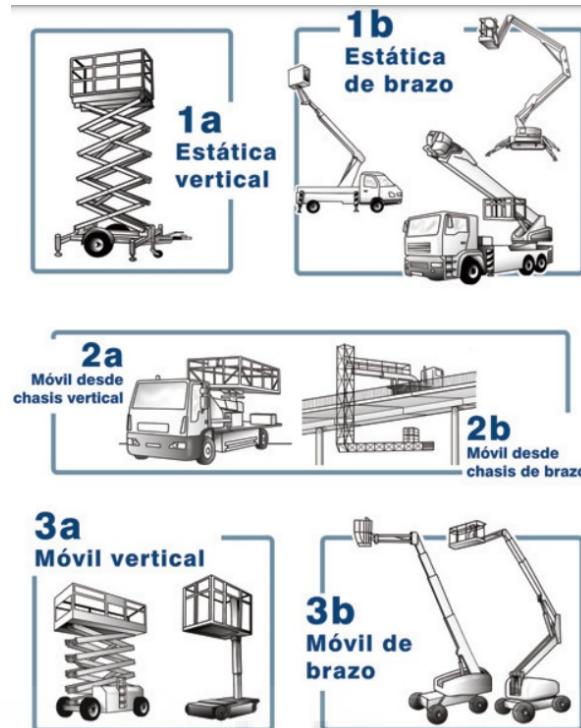
Según su grupo	
Grupo A	La proyección vertical del centro de gravedad de la carga está siempre en el interior de las líneas de vuelco
Grupo B	La proyección vertical del centro de gravedad de la carga puede estar en el exterior de las líneas de vuelco
Según sus posibilidades de traslación	
Tipo 1	La traslación solo es posible si la PEMP se encuentra en posición de transporte
Tipo 2	La traslación con la plataforma de trabajo en posición elevada sólo se controla con un órgano situado sobre el chasis
Tipo 3	La traslación con la plataforma de trabajo en posición elevada se controla por un órgano situado sobre la plataforma de trabajo

Tabla 1: Clasificación de las PEMP según UNE-EN 280

TIPO	PEMP según Norma UNE 280
1A "Estática vertical"	Tipo 1 Grupo A
1B "Estática de brazo"	Tipo 1 Grupo B
2A "Móvil desde chasis vertical"	Tipo 2 Grupo A
2B "Móvil desde chasis de brazo"	Tipo 2 Grupo B
3A "Móvil vertical" (Plataforma elevadora de tijera)	Tipo 3 Grupo A
3B "Móvil de brazo" (Plataforma elevadora de brazo articulado)	Tipo 3 Grupo B

Tabla 2: Tipos de Plataformas PEMP según UNE-EN 280

Para visualizar mejor cada uno de los tipos y clasificaciones de los diferentes PEMP, se muestran a continuación ilustraciones pertenecientes al documento divulgativo denominado Condiciones de Seguridad y Salud exigible a la maquinaria de obra: “Plataformas Elevadoras Móviles de Personal”.



Esquema 1: diferentes tipos de PEMP (imagen del documento divulgativo denominado Condiciones de Seguridad y Salud exigible a la maquinaria de obra: "Plataformas Elevadoras Móviles de Personal").

Una vez descritos los diferentes tipos de plataformas utilizados para trabajos en altura de forma general, a continuación se describen referente al tipo de trabajo que consiste este Trabajo Fin de Máster que es el de instalación de placas solares en altura, desde dos puntos de vista, uno desde instalación en naves industriales y otro en techos residenciales, describiendo a su vez las ventajas e inconvenientes de cada situación.

El sistema que mas se utiliza para realizar este tipo de instalaciones en cubiertas de naves industriales son las de Plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP) o también en zonas laterales que sean de difícil acceso. De las ventajas principales que presenta este sistema es que son muy rápidas tanto de instalar como de moverlas, permiten al trabajador una zona de trabajo mas estable y seguro que por ejemplo una escalera, y también permite llevar las herramientas que utilizan los operarios, incluso transportar las placas que se van a instalar. Todas estas ventajas proporcionan un aumento en la productividad. En cuanto a los inconvenientes al usar este sistema de trabajo en altura, encontramos entre otras cosas que se necesite una superficie de apoyo firme y estable,

también es necesario un espacio amplio para poder maniobrar con estas máquinas. Otra desventaja es su alto precio de alquiler, por lo que puede ser un factor importante en el aspecto de eficiencia económica si el uso de esta máquina es por un largo periodo de tiempo.

En cuanto al tipo de sistema mas utilizado, en este caso en edificios residenciales o fachadas, o incluso si la instalación de las placas va a conllevar un largo período de tiempo, son los andamios. Este tipo de estructuras permiten muy buen acceso a toda la zona de trabajo. Al poder añadirles protecciones colectivas como redes, barandillas, etc, hacen que la zona de trabajo sea más segura. Por otro lado, tenemos como desventaja respecto a otros sistemas que requieren de un montaje y desmontaje mas laborioso, lo que provoca que el tiempo de trabajo final de todo el sistema de placas fotovoltaicas se alargue bastante. También requiere de más espacio y planificación que por ejemplo el uso de unas escaleras.

Otro tipo de acceso en los trabajos de altura comentado anteriormente, son las escaleras. Esta herramienta de trabajo se utiliza normalmente para realizar trabajos puntuales a tejados residenciales o en zonas muy pequeñas, también si estos trabajos van a realizarse de forma muy breve o si se trata de alguna revisión. Sus ventajas principales son su fácil manejo y portabilidad, también su rapidez de uso, todo ellos porque son muy versátiles. Entre sus limitaciones, este sistema presenta que sólo son aptos para trabajos muy breves, conllevan un alto riesgo si no se utilizan correctamente o no se tiene instalado un sistema anticaídas. Otra desventaja importante es que no permite transportar herramientas o materiales de gran tamaño de forma segura como por ejemplo las placas que se van a instalar.

Por último, queda el sistema de acceso por cuerdas, que está mas enfocado a trabajos verticales o en cubiertas que no permiten la instalación de un andamio o PEMP, también en instalaciones que se vayan a llevar a cabo en zonas muy altas y de difícil acceso como por ejemplo en edificios singulares. El beneficio que presenta si se utiliza este método es su alta versatilidad y rápida instalación del sistema, pero en contra, sus desventajas son que requiere de personal especializado, tienen mucho riesgo de seguridad si no se aplican los protocolos necesarios y que son muy poco prácticos para manipular las placas solares por su tamaño y peso.

4.3.3. TIPOS DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LAS CAÍDAS EN ALTURA.

Las medidas preventivas necesarias varían según los dispositivos de protección de trabajo utilizado. Es preferible que estas medidas se centren en la organización del trabajo, la capacitación del personal y la instalación de dispositivos de protección colectiva. En último caso, se recurre a sistemas de protección contra caídas desde altura, es decir, medidas de protección individual. Es crucial tener en cuenta que, incluso con la implementación de medios de protección colectiva, el riesgo no se elimina por completo en algunas situaciones. En estos casos, es esencial complementar con equipos de protección individual adecuados, como sistemas anticaídas.

Sistemas de protección colectiva contra caídas de altura.

Se refieren a aquellos elementos diseñados para resguardar a todo el personal y otras personas presentes en áreas elevadas contra el riesgo de deslizamiento y caídas desde altura por los bordes de superficies elevadas. Esta protección no solo abarca los propios sistemas de protección de bordes, ya sean permanentes o temporales, sino también los componentes estructurales necesarios para su instalación y funcionamiento adecuado.

Los medios de protección colectiva se pueden clasificar en tres categorías principales: sistemas de protección de bordes o barandillas, sistemas de redes de seguridad y sistemas mixtos. Todos estos sistemas deben cumplir con los requisitos establecidos en regulaciones como Reales Decretos, el Convenio General del Sector de la Construcción, el Código Técnico de la Edificación, así como con los requisitos técnicos específicos definidos en normativas como las Normas UNE EN.

Protecciones de borde o barandillas y pasarelas

Además de ser requisitos obligatorios, como ya se mencionó anteriormente en relación con andamios y plataformas elevadoras, las barandillas también pueden ser utilizadas en cualquier plataforma, pasarela, desnivel, hueco o abertura que represente un riesgo de caída desde una altura superior a los 2 metros y que no esté protegido por otro sistema equivalente (recordando que esta altura mínima puede ser ajustada por otros

factores evaluados en la evaluación de riesgos correspondiente). En tales casos, y a menos que exista una disposición legal que exija niveles de protección más altos, las barandillas deben tener una altura mínima de 90 centímetros y deben estar equipadas con un reborde protector, un pasamanos y una protección intermedia.

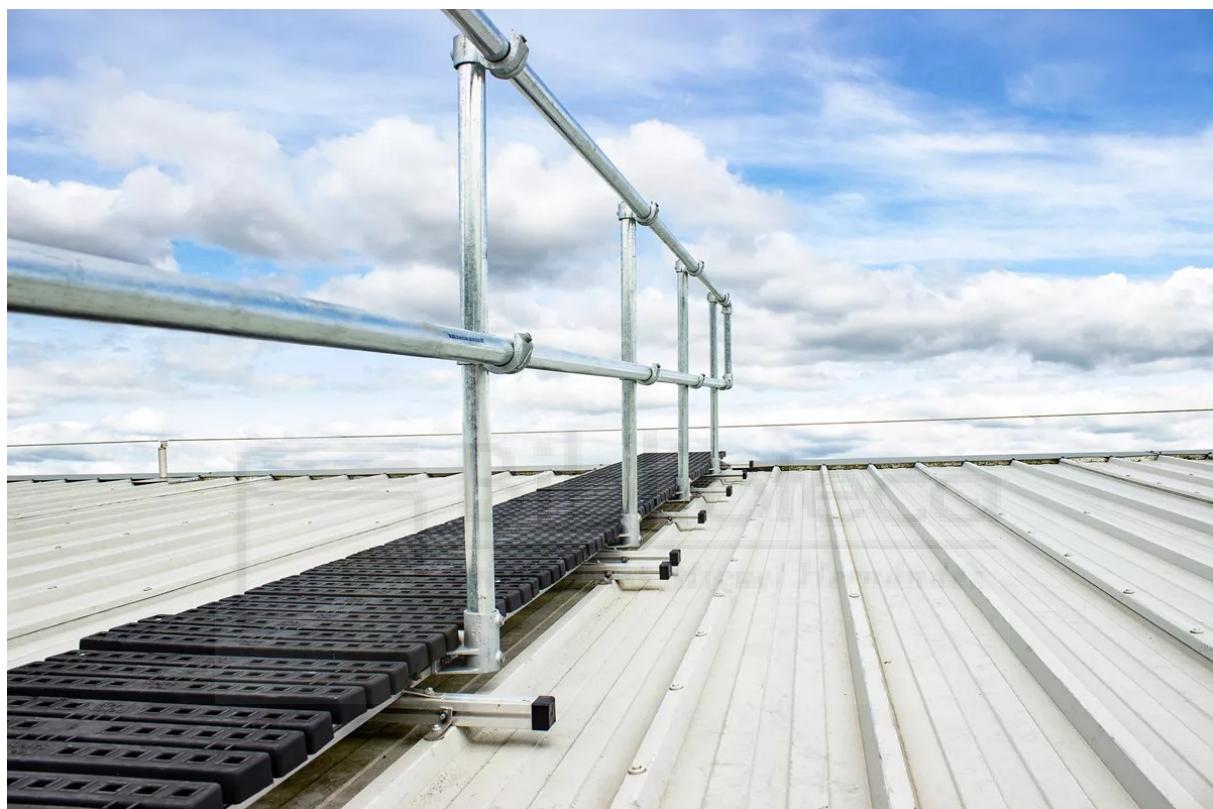


Imagen 9: Sistema de pasarela con barandilla de protección. (Imagen obtenida de la página web <https://keesafety.es/barandillas-para-cubiertas/kee-walk-con-barandilla>)

Es importante señalar que en algunos casos también se aplicará el Código Técnico de la Edificación, especialmente el Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad, que establece criterios más rigurosos y exigentes que los requisitos de los Reales Decretos. Por ejemplo, “este documento exige la protección de desniveles, huecos, aberturas, balcones y ventanas a partir de una altura de 55 centímetros, a menos que las características de la construcción hagan improbable la caída o cuando la instalación de una barrera sea incompatible con el uso previsto. La altura mínima de la barandilla se determinará según la altura de la caída, siendo de 90 centímetros si la caída es menor de 6

metros y de 110 centímetros si es mayor. También establece criterios sobre la resistencia que deben tener las barandillas en términos de kN/m, dependiendo del uso previsto”.

Las pasarelas es un elemento muy importante cuando nos tenemos que desplazar tanto para ir a la zona de trabajo como en este mismo sitio si la zona que vamos a transitar es frágil como pueden ser tejas en mal estado, lucernarios, vidrios, etc. Así evitaremos realizar una carga puntual sobre estas superficies que consistiría en hacer fuerza sobre una pequeña superficie que en este caso son nuestras pisadas, y la presión que haríamos sería nuestro peso además de si portamos alguna herramienta o material pesado. Por lo tanto, la misión que tiene la pasarela es repartir estas fuerzas en una mayor superficie, además de poder apoyarse sobre otras superficies distintas de las que son más frágiles si se da el caso.



Imagen 10: Sistema de pasarela con barandilla de protección a ambos lados y con puerta de acceso abatible.

(Imagen obtenida de la página web <https://elytra.es/protecciones-colectivas/>)

Redes de seguridad

Por otro lado, las redes de seguridad ofrecen una forma temporal y versátil de protección colectiva, que es más rápida y económica de implementar. Por lo tanto, se utilizan principalmente durante la ejecución de trabajos en cualquier tipo de obra, ya sea de construcción, civil o de infraestructura. Para conocer los requisitos aplicables a estas redes,

de acuerdo con su uso específico, es necesario consultar el VII Convenio General del Sector de la Construcción, especialmente los artículos 189 y 190.

Estos artículos establecen requisitos mínimos y remiten a normas técnicas (como UNE-EN 1263: Redes de seguridad, NTP 124: Redes de Seguridad EN), códigos de buenas prácticas y al estado actual de los conocimientos y la técnica para aspectos adicionales. “En la elección y uso de las redes de seguridad, se debe priorizar aquellas que previenen la caída en lugar de aquellas que simplemente limitan sus consecuencias. El montaje y desmontaje de las redes deben ser realizados por personal debidamente capacitado e informado. Antes de su uso, se debe verificar la estabilidad y solidez de los elementos de soporte, así como el buen estado de las redes, y se debe realizar una inspección periódica, así como cada vez que puedan ser afectadas por modificaciones, períodos de inactividad u otras circunstancias”.



Imagen 11: redes de protección anticaídas instalada encima de lucernarios. (Imagen obtenida en la página web <https://workprotec.com/seguridad-instalar-placas-fotovoltaicas/>)

Sistemas de protección individual contra caídas de altura

En situaciones extremas, puede ser necesario recurrir a la utilización de un sistema de protección individual contra caídas de altura, también conocido como SPICA. Esta definición implica dos aspectos: la definición de equipo de protección individual (EPI) y la definición de trabajo en altura previamente discutida. Según el artículo 3 del Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, “un EPI se refiere a cualquier dispositivo diseñado y fabricado para ser usado por una persona con el fin de protegerse

contra uno o varios riesgos". Esto incluye todos los componentes necesarios para su función, así como los sistemas de conexión que puedan ser necesarios, siempre que no sean permanentes y no requieran maniobras de abrochado antes de su uso.

Por lo tanto, un SPICA se refiere a un conjunto de componentes diseñados para proteger a la persona que los utiliza contra caídas de altura, ya sea previniéndolas o deteniéndolas en caso de que ocurran. La norma UNE-EN 363:2018 establece cinco tipos diferentes de SPICA.

1. Sistemas de retención, que previenen caídas al restringir el área de trabajo y evitar que se acceda a zonas con riesgo de caída. No están diseñados para detener una caída ni soportar el peso de una persona durante el trabajo. Este sistema no es apto para poder trabajar en instalación de placas fotovoltaicas en altura normalmente porque es muy frecuente realizar labores cerca de bordes de tejados, por lo que no se utilizará este sistema.

2. Sistemas de sujeción o posicionamiento de trabajo, que mantienen a la persona en el lugar de trabajo mientras realiza tareas en tensión o suspensión. El acceso y la salida del área de trabajo se realizan mediante otros medios. Se usa este tipo de SPICA para realizar trabajos en altura y el trabajador necesita tener las manos libres para realizar su labor, por lo que este tipo de sistema se suele utilizar en instalaciones en torres de telecomunicaciones o eléctricas, podas en árboles como palmeras, trabajos en fachadas, etc. Por lo tanto, no se adapta a nuestro tipo de trabajo que se centra el presente trabajo fin de máster.

3. Sistemas de acceso mediante cuerda, que son considerados sistemas de protección individual y deben incluir un sistema anticaídas. Este sistema es el que se utiliza para trabajos verticales como por ejemplo limpieza de cristales en edificios, pintado de fachadas, etc. por lo tanto, no es nuestro caso utilizar este sistema.

4. Sistemas anticaídas, que detienen la caída limitando su longitud y absorbiendo parte de la fuerza de impacto, manteniendo a la persona en suspensión para su rescate. Este sistema es nuestro tipo de SPICA que vamos a llevar a cabo cuando vayamos a trabajar en altura para la instalación de placas fotovoltaicas porque permite a los operarios a

desplazarse libremente por la zona de trabajo y está diseñado para minimizar el impacto del cuerpo contra el suelo y detener la caída por si ocurre accidentalmente una caída.

5. Sistemas de rescate, que permiten a una persona rescatarse a sí misma o a otros además de prevenir la caída. Este sistema está indicado para otros fines que no corresponde al de trabajar en superficies en altura con o sin inclinación.

Estos sistemas SPICA tienen en común que presentan tres elementos principales y que a continuación se explicarán centrándonos en el tipo de empleo que consiste el presente trabajo fin de máster que es el de trabajar en altura durante instalación de placas fotovoltaicas:

1. Punto de anclaje:

El punto de anclaje en estos sistemas consiste en el elemento estructural que permite la conexión con el sistema de protección contra caídas del operario y estos pueden ser fijos o temporales, por lo tanto, son el dispositivo de unión entre la línea de vida y el arnés del propio trabajador.

2. Sistema de conexión (línea de vida)

Este apartado es muy importante porque mediante la instalación de este sistema, permite que los operarios puedan desplazarse y hacer cualquier tipo de movimiento con mayor libertad sobre zonas que tienen mayores riesgos de caídas como son en los tejados inclinados, techos que presentan luminarias frágiles como cristales, plásticos, etc y asegurar en gran medida la prevención de posibles caídas.

Las líneas de vida en techos industriales, normalmente van a tener la misma instalación puesto que suelen ser construcciones muy homogéneas entre ellas y están dotadas de sistemas de seguridad que permitan trabajar en mejores condiciones para los trabajadores. En este sentido, el sistema de línea de vida suele estar constituido por una placa de anclaje, cuerda de acero, tensores y amortiguadores, todo ello quedará de forma permanente durante todo el proceso de instalación de las placas fotovoltaicas, por lo que deberá de estar perfectamente certificada también por un responsable de seguridad y salud.

En el caso de instalación de placas fotovoltaicas en residenciales, el montaje de la línea de vida puede cambiar de forma considerable porque las zonas de trabajo no están tan claros los elementos de sujeción y hay que improvisar en muchas ocasiones, por lo tanto se pueden incorporar dispositivos como anclajes individuales, argollas circulares, cintas protectoras, etc. Sistema compuesto por:

Cable de línea de vida: Este elemento es de los complementos más críticos del sistema debido a que sobre él se soporta el peso de los trabajadores en el caso de que se produzca una caída durante las labores de trabajo por lo tanto, este cable debe garantizar importantes características relacionadas con la seguridad en el trabajo como son la resistencia, durabilidad y debe cumplir con la normativa vigente. Este tipo de cable debe de ser siempre de acero galvanizado o inoxidable y también tiene que tener resistencia a la corrosión y a los factores ambientales que nos encontramos en la intemperie.

Tensores o ajustadores de línea de vida: se trata de un dispositivo mecánico cuya función consiste en ajustar la tensión del cable de línea de vida horizontal hasta unos valores que cumplan con las especificaciones del producto y, por lo tanto, permita unas condiciones de trabajo que estén dentro de la seguridad y eficiencia. Básicamente el tensor permite que no haya curvatura del cable y disminuir el riesgo de impacto si se produce alguna caída. También permite que la distribución de las cargas sobre la línea de vida quede más uniforme entre los anclajes que conforma el sistema.

Absorbedores de energía o amortiguadores. Este dispositivo tiene como misión la de disipar progresivamente la energía cinética que se genera cuando se produce la caída del trabajador, por lo tanto, evita el frenado brusco del cuerpo del usuario cuando llega a la extensión máxima del cable que le sostiene, evitando así problemas más graves porque la fuerza de impacto sería mucho más elevada sin este dispositivo.

Anclajes: estos componentes son importantes porque son los puntos donde sujetan la propia cuerda de acero que es la línea de vida en sí misma y se encuentra en cada extremo. Este componente debe de estar certificado cuando se haya realizado su instalación y su principal misión es la de soportar cargas de peso elevadas para que, en el caso de que se produzca alguna caída, sea capaz de soportar la elevada fuerza que ejerce el propio peso del trabajador durante su caída, y así evitar que no impacte contra el suelo y el recorrido de

la caída sea lo más corta posible. Los tipos de anclajes son muy diversos (los hay que son fijos, móviles, con un poste, etc.) pero los más utilizados cuando se van a realizar trabajos de instalación de placas fotovoltaicas en techos de industrias son las de placas de anclajes de aluminio para techos de chapas, los cuales están perfectamente diseñados para aquellos techos que presentan planchas con ondulaciones, que es lo más frecuente que nos vamos a encontrar. En el caso de techos residenciales, hay una gran variedad de anclajes debido también a la gran variedad de tejados de las casas que, dependiendo de la localidad o provincia donde vayamos a realizar la instalación, va a depender también el tipo de tejado debido a lo característico de la construcción de dicha zona. Por lo tanto, el anclaje que se utiliza de forma más general es el anclaje de cumbre (denominado también como Ridge Anchor) que su instalación se realiza en el vértice superior del tejado. Por poner otro ejemplo, también es muy utilizado el anclaje para techo de tejas (Tile Roof Ancho) que pueden ser curvas o planas, y la instalación del anclaje se realiza por debajo de una o varias tejas.

Argolla metálica D-ring o circular: sirve para fijar la línea de vida o incluso anclarlos individualmente a elementos constructivos de forma segura y ante cualquier tipo de material como puede ser cemento, madera, acero, etc. También se utilizan este tipo de argollas si la línea de vida tiene mucha longitud, se instalan en varios puntos intermedios y así se evita que quede el cable con poca tensión. Para realizar correctamente el anclaje se usarán tornillos especiales dependiendo del material al que se vaya a agarrar. Este tipo de argolla es muy utilizado cuando se van a realizar las instalaciones de las placas fotovoltaicas en residenciales debido a que nos vamos a encontrar con gran diversidad de elementos constructivos muy diferentes en los tejados como pueden ser columnas, chimeneas, pérgolas, etc.

Cintas protectoras que sirven como línea de vida temporal y su función principal es anclarlos a elementos estructurales muy diversos y de muy diferentes características por lo que es un elemento muy útil para realizar las instalaciones de las placas en los residenciales. Al igual que ocurre con el elemento anterior (argolla Kite), con estas cintas podemos fabricarnos un anclaje a elementos constructivos que tengan suficiente estabilidad estructural como pueden ser barandillas, chimeneas, columnas, etc.

Protección de las cuerdas: este elemento se utiliza normalmente cuando se está trabajando en vertical o en tejados con mucha inclinación y permite proteger la cuerda de donde soporta nuestro peso, y por lo tanto tiene mucha tensión, de cornisas, chapas o superficies cortantes o muy angulares que provoque el deterioro de la cuerda o incluso su rotura por corte.

3. Dispositivo de sujeción del cuerpo, como un cinturón de seguridad, arnés de asiento o arnés anticaídas.

Con respecto a este último punto, mencionar que es muy importante que sólo el arnés anticaídas se puede utilizar como dispositivo de caídas en altura durante el trabajo del operador. Como este tipo de dispositivo tiene especial importancia sobre el objetivo de este trabajo fin de máster, hay que destacar que existen gran variedad de tipos de arnés dependiendo de para qué tipo de trabajo se tiene que utilizar porque algunos necesitarían con unas funcionalidades específicas, certificaciones, o características técnicas muy específicas por ejemplo. Es importante saber elegir el arnés idóneo para realizar correctamente los trabajos porque además de dar libertad de movimiento y mejor el rendimiento de los trabajadores en altura, también es esencial que proporcione seguridad al trabajador.

Como hay muchos tipos de arneses, se puede realizar un tipo de clasificación según el grado de protección y teniendo en cuenta la normativa OSHA (Occupational Safety and Health Administration) que quedaría de la siguiente forma:

* **Clase 1:** Cinturones corporales que tienen un diseño de tal forma que hacen que el trabajador esté posicionado en un determinado sitio y prevenir su caída, pero no aporta protección para caídas de mas de un metro de altura.

* **Clase 2:** Son arneses de tipo pectorales que se usan para prevenir caídas en suelos resbalosos, pero no protegen de caídas libres en vertical.

* **Clase 3:** Son arneses de cuerpo entero y son las que protegen de caídas libre mas severas, y por lo tanto, las que se ajustan al objeto del presente trabajo fin de máster.

Centrándonos en el grado de protección de clase 3, se pueden distinguir muchos modelos de arneses apropiados al tipo de trabajo que se va a desempeñar y como ejemplos podemos tener los siguientes:

Arnés de uso general. También se denominan como Arnés 3D, Arnés de posicionamiento y detención de caídas. Tal y como su nombre indica, están diseñados para tener un uso general. Principalmente tienen 3 anillos D para la sujeción de los conectores al anclaje, perneras, puntos de ajuste, almohadillas y herrajes. Opcionalmente pueden tener un cuarto anillo pectoral D para mayor seguridad. Este es el principal arnés que vamos a utilizar la mayor parte del tiempo que vamos a estar realizando el montaje de las placas fotovoltaicas puesto que se adapta perfectamente al tipo de trabajo que vamos a realizar.

Arnés para ambientes sucios. Este equipo de protección se utiliza para realizar trabajos que implica ensuciarse la ropa, por ejemplo, en zonas donde haya mucho polvo, aceites, pinturas, etc. La peculiaridad de estos arneses es que están recubiertos de un material impermeable protector, que impide el contacto directo de estos materiales con las partes del equipo de protección, evitando problemas de corrosión o desgaste que provocaría una disminución de seguridad de los herrajes y elementos del equipo. No se utilizarán este tipo de arneses en nuestro caso porque este tipo de ambientes no lo vamos a encontrar en una zona de instalación de placas fotovoltaicas.

Arnés para trabajos de electricidad. Este tipo de equipo también se le denomina como arnés de seguridad dieléctricos y cuentan con una protección de aislante para los herrajes y anillos D para evitar que se carguen de energía al trabajar cerca de campos eléctricos y así proteger al trabajador de cualquier accidente por descarga eléctrica. Para su correcto aislamiento, normalmente se fabrican con fundas de vinilo que recubren por completo todos los elementos metálicos. Este tipo de arnés lo vamos a usar durante la instalación de las placas fotovoltaicas en el momento que pueda haber corriente eléctrica como por ejemplo al conectar o desconectar los paneles, instalación de las baterías, inversores, o incluso las estructuras donde están sujetos los paneles porque puede haber alguna deriva de corriente.

Arnés para trabajos en la vía pública. Son arneses de seguridad que tienen como añadido materiales reflectantes para permitir que sean más visibles cuando estén trabajando en ambientes oscuros o por la noche. Este tipo de arnés lo podemos utilizar puntualmente

cuando vamos a descargar o preparar el material de trabajo en la vía pública antes de subirlos al tejado donde irán instalados.

Arnés para soldaduras. La peculiaridad de estos equipos y que lo hacen aptos para poder trabajar en zonas con soldaduras o proyecciones abrasivas son que las tiras están confeccionadas con un material de fibras sintéticas a prueba de quemaduras y resistentes a salpicadura de chispas. Normalmente no se utilizará este arnés durante las labores de instalación de placas fotovoltaicas o durante la fabricación de su estructura de apoyo puesto que suelen venir ya configurados para su montaje.

La selección del SPICA debe ser realizada por personal capacitado con conocimiento sobre el puesto de trabajo y las tareas a realizar, con la participación de la persona que llevará a cabo el trabajo y que debe recibir formación específica sobre su uso. Se deben seguir las indicaciones del fabricante en cuanto a uso, mantenimiento, limpieza, almacenamiento, transporte, revisiones, reparaciones y compatibilidad de elementos.

Al seleccionar y utilizar un SPICA, es importante considerar dos conceptos clave:

- Factor de caída, que determina la relación entre la altura de la caída y la longitud del elemento de amarre.

- Espacio libre de caída, que depende de varios parámetros, incluida la distancia entre el punto de enganche del arnés y el punto de anclaje, la longitud del amarre, la distancia de frenado, la distancia entre el punto de enganche del arnés y los pies de la persona, la distancia de recuperación y la distancia de seguridad.

Todos los componentes de un SPICA deben ser compatibles entre sí, lo cual debe estar indicado en el folleto informativo y de instrucciones de uso de cada equipo, incluida la información sobre el espacio libre de caída.

4.3.4. TIPOS DE CONDICIONES DE TRABAJO A LA INTEMPERIE

Para que se puedan realizar correctamente los trabajos en altura en el exterior y garantizando que no se pongan en peligro tanto la seguridad como la salud de los

trabajadores, se tienen que llevar a cabo cuando las condiciones meteorológicas permita estos aspectos. Muchos son los factores que pueden afectar negativamente tanto a las condiciones de trabajo de los empleados como a la seguridad de los equipos utilizados, debido a que en el momento de realizar las labores pueden estar en condiciones de lluvias intensas, granizo, viento, rayos, nieve, temperaturas extremas, etc.

Debido a que el sector en el que se centra el presente Trabajo Fin de Máster es respecto a instalaciones de placas fotovoltaicas, el factor que más puede influir a la hora de realizar las instalaciones a la intemperie es el de temperaturas extremas provocadas por la radiación solar que pueden provocar estrés térmico y, por lo tanto, se le dará mas importancia a la hora de analizar los distintos tipos de condiciones meteorológicas. El motivo por el que las condiciones de temperaturas extremas es importante tenerlo en cuenta en este sector es debido a que este tipo de instalaciones tienen mayor eficiencia y rendimiento en zonas donde hay mas horas de luz y por lo tanto, mas radiación solar que provocan de forma directa unas temperaturas mas elevadas que en otras zonas.

Los fenómenos meteorológicos adversos son aquellos eventos atmosféricos que pueden causar, directa o indirectamente, daños a las personas o a los bienes materiales. Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), también incluyen cualquier fenómeno que pueda alterar significativamente la actividad humana en una zona específica. Aunque estos fenómenos son inevitables, la mayoría pueden preverse con antelación, permitiendo la implementación de medidas preventivas. Los daños pueden variar desde caídas y resbalones hasta aplastamientos, contactos eléctricos, quemaduras e insolaciones, especialmente en condiciones extremas. La AEMET desarrolla planes operativos para proporcionar información precisa sobre la predicción y vigilancia de estos fenómenos, lo que ayuda en la evaluación de riesgos y la planificación de actividades preventivas y planes de trabajo.

Conforme a la disposición adicional única del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, “Cuando se desarrolle trabajos al aire libre y en los lugares de trabajo que, por la actividad desarrollada, no puedan quedar cerrados, deberán tomarse medidas adecuadas para la protección de las personas trabajadoras frente a cualquier riesgo relacionado con

fenómenos meteorológicos adversos, incluyendo temperaturas extremas". Estas medidas considerarán las características de la tarea y el estado de salud del trabajador, e incluirán la prohibición de realizar ciertas tareas durante las horas del día con condiciones meteorológicas adversas si no se puede garantizar la protección adecuada del trabajador. En caso de que la AEMET o el órgano autonómico correspondiente emita un aviso de fenómenos meteorológicos adversos de nivel naranja o rojo, y las medidas preventivas no sean suficientes para proteger a los trabajadores, será obligatorio adaptar las condiciones de trabajo, incluyendo la reducción o modificación de las horas laborales.

Para prevenir los riesgos derivados de los factores atmosféricos, son esenciales las medidas organizativas. Los procedimientos de trabajo deben prever estas circunstancias y definir las pautas a seguir en todo momento. Cuando sea necesario, se utilizarán medios de señalización (sirenas, alumbrado, etc.) y equipos de medición (pluviómetros, anemómetros, etc.) para alertar sobre los peligros.

Por tanto, los riesgos y medidas preventivas asociadas a los trabajos a la intemperie se muestran a continuación, pero centrándonos como se ha comentado anteriormente, en el riesgo de temperaturas extremas altas que se comenta en primer lugar por tener mayor importancia ya que el Trabajo Fin de Máster está orientado al sector de instalaciones de placas fotovoltaicas:

Temperaturas extremas altas, como se ha mencionado al principio de este apartado, es el factor ambiental mas importante con respecto al objeto del presente Trabajo Fin de Máster y, por lo tanto, tendrá un mayor desarrollo en cuanto a la extensión de la información para que sea tenida en cuenta, incluso entrar en profundidad en alguna metodología para poder tomar decisiones en un lugar de trabajo que se pueda dar esta situación y así favorecer la prevención de riesgos laborales en este sentido.

Una exposición prolongada al calor excesivo cuando se están realizando los trabajos a puede ocasionar a los trabajadores importantes daños sobre la salud como pueden ser desmayos, insolaciones, mareos, golpes de calor, agotamiento, calambres, deshidratación, etc. Según el VI Convenio General del Sector de la Construcción, en su artículo 166, dice lo siguientes: "Deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que

puedan comprometer su seguridad y su salud. Cuando las temperaturas sean extremas, especialmente en las conocidas «olas de calor» causantes de graves consecuencias para la salud, por parte de la representación sindical se podrán proponer horarios distintos que permitan evitar las horas de mayor insolación. Asimismo, se dispondrá en las obras de cremas protectoras de factor suficiente contra las inclemencias atmosféricas tales como la irradiación solar". Por lo tanto, se contempla la posibilidad de proponer horarios alternativos para evitar las horas de mayor insolación. Si no es posible interrumpir la actividad, se deben tomar medidas para reducir estos riesgos, como usar ropa de trabajo ligera, holgada y de colores claros, humedecer la ropa si es necesario, instalar estructuras que proporcionen sombra durante los descansos, usar sombreros o gorras, y beber abundante líquido.

La presencia de calor en el entorno laboral a menudo causa problemas que se manifiestan en quejas por falta de comodidad, bajo rendimiento laboral y, en ocasiones, riesgos para la salud.

El análisis del ambiente térmico requiere conocer una serie de variables relacionadas con el entorno, el tipo de trabajo y el individuo. La mayoría de las posibles combinaciones de estas variables en el ámbito laboral generan situaciones de incomodidad sin implicar un riesgo para la salud. Menos frecuentemente, pueden encontrarse ambientes laborales térmicamente confortables y, en raras ocasiones, el entorno térmico puede representar un riesgo para la salud. Esto último está generalmente condicionado por la presencia de radiación térmica (superficies calientes), humedad superior al 60% y trabajos que demanden cierto esfuerzo físico.

El riesgo de estrés térmico para una persona expuesta a un ambiente caluroso depende de la producción de calor de su cuerpo como resultado de su actividad física y de las características del entorno que influyen en el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser liberado al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo, lo que provoca un aumento de la temperatura corporal y puede ocasionar daños irreversibles.

Existen diversos métodos para valorar el ambiente térmico en sus diferentes grados de agresividad para ambientes interiores o exteriores. En nuestro caso, como la instalación de placas solares en altura se hace en ambientes exteriores, nos centraremos en este tipo

de ambientes en el que por ejemplo si queremos analizar el riesgo de estrés térmico usaremos el método del **Índice de Sobrecarga Térmica (IST)** sustituyendo al anterior método Índice de sudoración requerida (ISR), que nos permite predecir la tasa de sudoración y otras variables fisiológicas. El **índice WBGT** es otro de los métodos que se pueden utilizar y es de uso muy sencillo, para determinar rápidamente si es o no admisible una situación de riesgo por estrés térmico, y su cálculo permite a menudo tomar decisiones en cuanto a las posibles medidas preventivas que hay que aplicar.

Como este factor tiene mucha importancia para este Trabajo Fin de Máster, se desarrolla a continuación la metodología del índice WBGT por su sencillez de uso, basándome en la metodología de la NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico. Índice WBGT.

El índice WBGT se determina combinando dos parámetros ambientales: la temperatura de globo (TG) y la temperatura húmeda natural (THN). En ocasiones, también se utiliza la temperatura seca del aire (TA).

Las siguientes ecuaciones permiten calcular el índice WBGT:

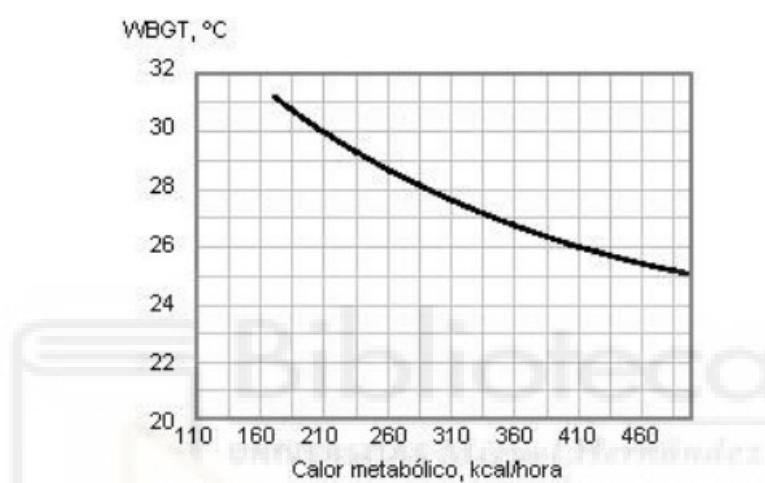
- $WBGT = 0.7 \text{ THN} + 0.3 \text{ TG}$ (I) (aplicado en interiores o en exteriores sin radiación solar)
- $WBGT = 0.7 \text{ THN} + 0.2 \text{ TG} + 0.1 \text{ TA}$ (II) (aplicado en exteriores con radiación solar)

Cuando la temperatura varía significativamente en los alrededores del puesto de trabajo, de modo que hay diferencias notables entre mediciones a diferentes alturas, se debe calcular el índice WBGT realizando tres mediciones: a nivel de tobillos, abdomen y cabeza, usando la siguiente expresión:

$$WBGT = \frac{WBGT(\text{cabeza}) + 2 \times WBGT(\text{abdomen}) + WBGT(\text{tobillos})}{4}$$

Las mediciones deben hacerse a 0.1 m, 1.1 m y 1.7 m del suelo si el trabajador está de pie, y a 0.1 m, 0.6 m y 1.1 m si está sentado. Si el entorno es homogéneo, basta con una medición a la altura del abdomen.

Este índice, calculado de esta manera, refleja las características del ambiente y no debe exceder un cierto valor límite que depende del calor metabólico generado por el individuo durante el trabajo (M).



Gráfica 1:Valores límite del índice WBGT (ISO 7243). (Gráfica obtenida del documento NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico. Índice WBGT.)

MEDICIONES:

Las mediciones de las variables involucradas en este método de valoración deben realizarse preferentemente durante los meses de verano y en las horas más cálidas del día. Los instrumentos de medición deben cumplir con los siguientes requisitos:

- **Temperatura de globo (TG):** Se refiere a la temperatura registrada por un sensor ubicado en el centro de una esfera con las siguientes características:
 - Diámetro de 150 mm.
 - Coeficiente de emisión medio de 90 (negro y mate).
 - Grosor: lo más delgado posible.
 - Rango de medición: de 20 °C a 120 °C.

- Precisión: $\pm 0,5$ °C en el rango de 20 °C a 50 °C y ± 1 °C en el rango de 50 °C a 120 °C.
- **Temperatura húmeda natural (THN):** Se refiere al valor mostrado por un sensor de temperatura cubierto con un tejido humedecido que se ventila de manera natural, sin ventilación forzada. Esto diferencia a esta variable de la temperatura húmeda psicrométrica, que necesita una corriente de aire alrededor del sensor y es la más conocida y utilizada en termodinámica y técnicas de climatización.

El sensor debe cumplir con las siguientes características:

- Forma cilíndrica.
 - Diámetro externo de 6 mm ± 1 mm.
 - Longitud de 30 mm ± 5 mm.
 - Rango de medida de 5 °C a 40 °C.
 - Precisión de $\pm 0,5$ °C.
 - La parte sensible del sensor debe estar cubierta con un tejido (por ejemplo, algodón) de alto poder absorbente de agua.
 - El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6 mm, y una parte de 20 mm debe estar cubierta por el tejido para reducir el calor transmitido por conducción desde el soporte al sensor.
 - El tejido debe formar una manga ajustada sobre el sensor, sin estar demasiado apretada ni demasiado suelta.
 - El tejido debe mantenerse limpio.
 - La parte inferior del tejido debe estar sumergida en agua destilada, y la parte no sumergida del tejido debe tener una longitud entre 20 mm y 30 mm.
 - El recipiente del agua destilada debe estar protegido de la radiación térmica.
-
- **Temperatura seca del aire (TA):** Es la temperatura del aire registrada utilizando, por ejemplo, un termómetro convencional de mercurio o cualquier otro método adecuado y confiable.

El sensor debe estar protegido de la radiación térmica, permitiendo al mismo tiempo la circulación natural del aire a su alrededor.

Debe tener una escala de medida entre 20 °C y 60 °C con una precisión de ±1 °C.

CONSUMO METABÓLICO (M)

La cantidad de calor generada por el organismo por unidad de tiempo es una variable esencial para evaluar el estrés térmico. Para estimarla, se puede utilizar el dato del consumo metabólico, que es la energía total producida por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como resultado de la actividad del individuo. En este caso, se desprecia la potencia útil (dado que el rendimiento es muy bajo) y se considera que toda la energía consumida se convierte en calorífica.

El término M se puede medir a través del consumo de oxígeno del individuo o estimar mediante tablas (ISO/DIS 8996). Aunque la medición directa del oxígeno consumido es más precisa, su complejidad instrumental hace que la estimación mediante tablas sea la más utilizada.

Existen varias tablas que proporcionan información sobre el consumo de energía durante el trabajo. Algunas tablas relacionan de forma sencilla y directa el tipo de trabajo con el término M, asignando un valor específico de M a tareas concretas (como escribir a máquina o descargar camiones). Otras, como la presentada en la siguiente tabla, determinan un valor de M basado en la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal. Este último se considera un promedio de 1 Kcal/min para la población laboral y siempre debe sumarse.

Consumo metabólico Kcal/hora	WBGT límite °C			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	v=0	v≠0	v=0	v≠0
≤ 100	33	33	32	32
100 ÷ 200	30	30	29	29
200 ÷ 310	28	28	26	26
310 ÷ 400	25	26	22	23
> 400	23	25	18	20

Tabla 3: cálculo de valor M basado en la posición y movimiento del cuerpo. (Tabla obtenida del documento NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico. Índice WBGT.)

El consumo metabólico se expresa en unidades de potencia o potencia por unidad de superficie corporal. La relación entre estas unidades es la siguiente:

1 Kcal/hora equivale a 1,16 vatios, lo que corresponde a 0,64 vatios/m² (considerando una superficie corporal promedio de 1,8 m²).

VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO CON EL TIEMPO

Durante la jornada laboral, las condiciones ambientales o el consumo metabólico pueden variar debido a la realización de diferentes tareas o a la presencia de distintos entornos. En estos casos, se debe calcular el índice WBGT o el consumo metabólico ponderado en el tiempo, utilizando las siguientes expresiones:

$$\text{WBGT} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{WBGT}_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} (\text{V}); \quad M = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} (\text{V});$$

Esta forma de ponderar sólo puede utilizarse bajo la condición de que:

$$\sum_{i=1}^n t_i \leq 60$$

Esto se debe a que las compensaciones de unas situaciones térmicas con otras no ofrecen seguridad en periodos de tiempos largos

ADECUACIÓN DE REGÍMENES DE TRABAJO – DESCANSO

Cuando haya riesgo de estrés térmico, se puede implementar un régimen de trabajo y descanso para que el organismo recupere el equilibrio térmico. En este caso, se puede determinar la fracción de tiempo (trabajo-descanso) necesaria para mantener la seguridad, de la siguiente manera:

$$ft = \frac{(A - B)}{(C - D) + (A - B)} \times 60(\text{minutos / hora})$$

Siendo:

- ft = Fracción de tiempo de trabajo respecto al total (indica los minutos a trabajar por cada hora)
- A = WBGT límite en el descanso ($M < 100$ Kcal/h.)
- B = WBGT en la zona de descanso
- C = WBGT en la zona de trabajo
- D = WBGT límite en el trabajo

La ecuación se simplifica si se da el caso de una persona aclimatada al calor, que permanece en el lugar de trabajo durante la pausa, quedando así:

$$ft = \frac{33-B}{33-D} \times 60 \text{ (minutos /hora)}$$

Las expresiones vistas anteriormente no son de aplicación cuando el valor de B es mayor o igual que el valor de A. Cuando se da esta circunstancia expresa que el índice WBGT es muy alto, que a pesar de tener un índice de actividad relativo al descanso de valor mejor de 100 kcal a la hora, ofrece condiciones de seguridad. Para que se lleve a cabo de forma favorable el descanso, debe de realizarse en un lugar con menor temperatura para que de esta forma se cumpla que el valor de B sea menor al valor de A.

- **Las radiaciones solares ultravioleta.** Este factor de radiaciones solares ultravioleta, conocido con las siglas UVA y UVB, se ve influenciadas por otros factores como es el de la altura sobre el nivel del mar puesto que la radiación incremente en un 20% por cada 1000 metros de altitud, y esto hace que normalmente se asocie a altas temperaturas extremas. Otro de los factores que influyen en las radiaciones son la latitud y también la difusión que dependiendo de la zona donde se proyecte, puede dar un mayor o menor reflejo de esta como por ejemplo en césped, cuyo valor de difusión es de sólo un 3%, mientras que en superficie de nieve es de un 85%. Como en nuestro caso, las labores de trabajo se van a llevar a cabo a la intemperie se la exposición directa al sol va a estar presente durante gran parte de la jornada laboral, es necesario extremar las precauciones y llevar a cabo prácticas que permitan protegernos de estas radiaciones protegiéndonos la

mayor superficie posible de piel, además de la ropa de trabajo, gorras, toldos, etc. Además de estas acciones, también es conveniente utilizar cremas de protección solar y protección ocular adecuada para minimizar los efectos perjudiciales que conlleva la exposición directa al sol. Es importante llevar a cabo estas medidas porque estas radiaciones pueden provocar enfermedades y daños graves sobre nuestro cuerpo como pueden ser cáncer de piel, insolación, deshidratación, quemaduras, envejecimiento de la piel, etc.

• **El viento** influye significativamente en la estabilidad de equipos de trabajo, como andamios y grúas torre. Por ejemplo, el Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, que aprueba la nueva Instrucción técnica complementaria "MIE-AEM-2" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, relativo a grúas torre para obras u otras aplicaciones, establece en su artículo 5.4 la obligatoriedad de instalar un anemómetro y concretamente dice lo siguiente: "El anemómetro será exigible en las grúas que vayan a instalarse en una zona donde puedan alcanzarse los vientos límite de servicio. Deberá dar un aviso intermitente a la velocidad de viento de 50 km/h y continuo a 70 km/h, parando la señal al dejar la grúa fuera de servicio (en veleta)". En cuanto a los andamios, estos valores deben ajustarse a los límites establecidos en la Nota de cálculo correspondiente y, si es necesario, en el plan de montaje, uso y desmontaje del andamio.

• **La lluvia intensa** dificulta en gran parte las labores de trabajo tanto a los equipos como a los operarios porque pueden provocar deslizamientos sobre cubiertas, tejados, etc, el cual provoca mayores riesgos de caídas tanto al mismo nivel como a diferentes niveles. Otro problema que plantea la lluvia intensa es que la visibilidad disminuye en gran medida tanto de las personas como del entorno, por lo que obligado utilizar equipos de protección individual que tengan la característica de alta visibilidad. Además de estos peligros, también se presenta el de riesgos eléctricos a la hora de instalación de las placas fotovoltaicas en el que hay que tener en cuenta el Real Decreto 614/2001 del 8 de junio sobre las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico establece en el Anexo II.A que "los trabajos deben suspenderse en caso de tormenta, lluvia intensa, viento fuerte, nevadas u otras condiciones adversas que dificulten la visibilidad o la manipulación de herramientas".

- **Temperaturas extremadamente bajas.** Plantean riesgos para la salud laboral.

Normalmente, se considera que temperaturas por debajo de los 15°C pueden generar incomodidad, especialmente en trabajos que requieren poco esfuerzo físico, lo que puede llevar a malestar general, pérdida de sensibilidad o movimientos involuntarios. Cuando la temperatura desciende por debajo de los 10°C, los riesgos para la salud pueden ser más graves, incluyendo trastornos musculo esqueléticos severos, problemas cardíacos, hipotermia o congelamiento de extremidades. Para mitigar o eliminar estos riesgos, se pueden implementar diversas medidas preventivas. Esto incluye establecer turnos de trabajo más cortos o programar las tareas en horas menos frías. Además, es importante proporcionar al personal ropa de trabajo adecuada, como calzado aislante y antideslizante para evitar accidentes por formación de hielo. También se debe considerar la elección de equipos que puedan usarse con guantes o mitones protectores. Otras medidas incluyen facilitar el acceso a alimentos y bebidas calientes, y en caso de viento, instalar pantallas cortaviento.

- **Las picaduras, mordeduras y enfermedades transmitidas por animales.**

Dependiendo del área geográfica, las personas pueden enfrentarse a diversos animales e insectos que representan un riesgo, no solo por sus ataques directos, sino porque pueden provocar transmisión de enfermedades. En general, las medidas preventivas más comunes en estos casos incluyen el uso adecuado de la ropa de trabajo para cubrir toda la piel, y proteger especialmente boca, ojos y nariz. La vigilancia de la salud es crucial, con especial atención a la vacunación. Es esencial capacitar al personal proporcionándole información y formación adecuadas sobre la presencia de estos animales e insectos, así como sobre las medidas preventivas y cómo actuar en caso de encuentro con ellos.

5 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Como método para realizar la evaluación de riesgos laborales para desarrollar el presente trabajo fin de máster se ha basado en el Documento Técnico de Evaluación de Riesgos Laborales (Metodología de evaluación del INSST), y como herramienta de aplicación la evaluación general de riesgos.

Mediante esta metodología, podremos evaluar los riesgos y poder así obtener como resultado una recopilación de medidas preventivas para cada una de las situaciones a los que se va a enfrentar el operario en el puesto de trabajo cuando esté haciendo las labores de instalación de placas fotovoltaicas, y más concretamente, trabajando en altura.

5.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGO BASADO EN EL INSST

Concepto de evaluación de riesgos laborales

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), en su artículo 4, describe "riesgo laboral" como "la probabilidad de que un empleado sufra algún tipo de daño relacionado con su trabajo. Este artículo también establece que los "daños derivados del trabajo" incluyen enfermedades, patologías o lesiones que ocurren debido al trabajo o durante su ejecución". Por lo tanto, el concepto de "riesgo laboral" está estrechamente vinculado tanto a las condiciones de trabajo a las que los empleados están expuestos en un lugar específico o al realizar una tarea laboral, como a las características individuales de los trabajadores.

Además, el Real Decreto 39/1997, del 17 de enero, que aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, define en su artículo 3.1 la "evaluación de riesgos laborales" como "el proceso destinado a calcular la magnitud de aquellos riesgos que no se han podido evitar. Este proceso busca proporcionar la información necesaria para que el empresario pueda tomar decisiones adecuadas sobre la implementación de medidas preventivas y determinar qué tipo de medidas deben adoptarse".

De esta definición se destacan tres aspectos esenciales de la Evaluación de Riesgos Laborales que a continuación se describen:

- el proceso de evaluación de riesgos consiste en una actividad que se lleva a cabo por diferentes etapas.
- La Evaluación de Riesgos Laborales es una herramienta diseñada para medir la gravedad de los riesgos y facilitar la toma de decisiones y se trata de un medio (y no un fin) para conseguirlo. Su objetivo principal es obtener información suficiente sobre los riesgos existentes en el entorno laboral, lo cual es esencial para fundamentar dichas decisiones. Esta información ayuda al empleador a reconocer la necesidad de implementar medidas preventivas y a determinar cuáles son las más adecuadas, así como el modo y el momento de su aplicación. Los resultados y conclusiones derivados de este proceso representan la estimación de la magnitud del riesgo, proporcionando una base sólida para gestionar la seguridad en el trabajo.
- La evaluación de riesgos laborales se enfoca en aquellos riesgos que no se pueden evitar. Es fundamental recordar la importancia de diseñar y planificar adecuadamente los puestos de trabajo para eliminar los riesgos desde su origen.

Hoy en día, se reconoce que la evaluación de riesgos es fundamental para una gestión proactiva de la seguridad y la salud en el trabajo. La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, que incorpora la Directiva Marco 89/391/CEE, establece varias obligaciones para el empresario. Por un lado establece que “la planificación de la acción preventiva esté fundamentada en una evaluación inicial de riesgos”, y por otro lado, “hacer una evaluación de los riesgos en el momento de la elección de los equipos de trabajo, componentes o sustancias químicas y de la modificación de los lugares de trabajo”.

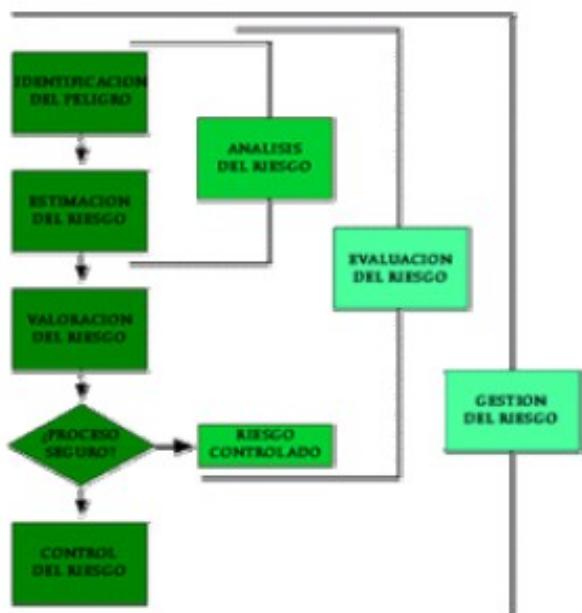
Estas obligaciones se desarrollan en el capítulo II, artículos 3 al 7 del Real Decreto 39/1997, Reglamento de los Servicios de Prevención.

La evaluación de riesgos laborales es el proceso de estimar la magnitud de los riesgos que no se pueden evitar, obteniendo la información necesaria para que el empresario pueda decidir si es necesario adoptar medidas preventivas y, de ser así, determinar cuáles deben implementarse.

En términos generales, y aceptando un cierto nivel de riesgo tolerable, la evaluación de riesgos debe responder a la siguiente pregunta: la situación de trabajo estudiada, ¿es segura? Durante el proceso de la evaluación de riesgos tiene lugar los siguientes pasos:

- **ANÁLISIS DEL RIESGO:** mediante este análisis del riesgo lo que se pretende conseguir es identificar el peligro y también se estima el riesgo, ponderando conjuntamente tanto las consecuencias de que se produzca el peligro como su probabilidad. Éste análisis dará como resultado de qué orden de magnitud es el riesgo estudiado.
- **VALORACIÓN DEL RIESGO:** con el resultado obtenido en la etapa anterior, se realiza una evaluación acerca de si el riesgo estudiado es tolerable o no. Si de esta evaluación de tolerabilidad se tiene como resultado de que no es aceptable, entonces el riesgo tiene que ser Controlado.

Se denomina **Gestión del riesgo** al proceso conjunto de Control del riesgo y Evaluación del riesgo, y se representa mediante el siguiente esquema:



Esquema 2: proceso de Gestión del riesgo. (Esquema obtenido de del documento llamado Evaluación de Riesgos Laborales del INSST, cuyo enlace web es:chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.in-sst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d)

Según lo establecido en el capítulo VI del R.D. 39/1997, “únicamente el personal con competencia profesional puede llevar a cabo la evaluación de riesgos. Esta evaluación debe ser cuidadosamente planificada y nunca considerarse como una mera formalidad burocrática, ya que su propósito principal no es otro que determinar la necesidad de aplicar medidas preventivas”.

En caso de que la evaluación de riesgos indique la necesidad de tomar medidas preventivas, estas deben:

- Reducir o eliminar el riesgo mediante medidas de prevención en el origen, medidas organizativas, medidas de protección colectiva, medidas de protección individual, o proporcionando formación e información a los trabajadores.
- Supervisar periódicamente las condiciones, la organización y los métodos de trabajo, así como el estado de salud de los trabajadores.

Conforme al artículo 33 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, “el empleador debe consultar a los representantes de los trabajadores, o a los propios trabajadores en caso de no haber representantes, sobre el método de evaluación a emplear en la empresa o centro de trabajo. Si existe legislación específica aplicable, el método de evaluación debe ajustarse a las condiciones establecidas en dicha legislación”.

La evaluación inicial de riesgos debe llevarse a cabo en todos los puestos de trabajo de la empresa, teniendo en cuenta las condiciones de trabajo presentes o previstas, así como la posible sensibilidad del trabajador que ocupe el puesto debido a sus características personales o estado biológico conocido.

Es necesario volver a evaluar los puestos de trabajo que puedan verse afectados por:

- La adquisición de equipos de trabajo, sustancias químicas o preparados, la introducción de nuevas tecnologías o cambios en el acondicionamiento de los lugares de trabajo.
- Cambios en las condiciones de trabajo.

- La incorporación de trabajadores cuyas características personales o estado biológico conocido los hagan especialmente sensibles a las condiciones del puesto.

La evaluación de riesgos es un proceso dinámico que debe ser revisado cuando lo indique una disposición específica, tras la detección de daños a la salud de los trabajadores, o si las medidas de prevención resultan ser inadecuadas o insuficientes. Esto requiere considerar los resultados de la investigación sobre las causas de los daños a la salud, las actividades de reducción y control de riesgos, y el análisis de la situación epidemiológica.

Además de lo anterior, las evaluaciones deben ser revisadas periódicamente, con una frecuencia acordada entre la empresa y los representantes de los trabajadores. La documentación de la evaluación de riesgos debe incluir datos como la identificación del puesto de trabajo, los riesgos identificados, los trabajadores afectados, los resultados de la evaluación y las medidas preventivas propuestas, así como referencias a los criterios, procedimientos y métodos utilizados.

Las evaluaciones de riesgos pueden clasificarse en cuatro categorías principales:

- Evaluaciones requeridas por legislación específica.
- Evaluaciones para las cuales no existe legislación específica, pero que están definidas en normativas internacionales, europeas, nacionales o guías de entidades reconocidas.
- Evaluaciones que requieren métodos especializados de análisis.
- Evaluaciones generales de riesgos.

Como se ha comentado al principio del apartado, para el desarrollo del presente trabajo fin de máster, se va a usar de referencia el bloque de Evaluación general de riesgos. Este proceso de evaluación viene definido por las siguientes etapas:

A) Clasificación de las actividades de trabajo:

Antes de llevar a cabo la evaluación de riesgos, es esencial elaborar una lista de las actividades laborales, organizándolas de manera lógica y manejable. Una posible manera de clasificar estas actividades es la siguiente:

- a) Actividades realizadas fuera de las instalaciones de la empresa.
- b) Etapas en el proceso de producción o prestación de servicios.
- c) Trabajos de mantenimiento y planificación.
- d) Tareas específicas, como la conducción de carretillas elevadoras.

Para cada actividad laboral, puede ser necesario recopilar información sobre varios aspectos, incluyendo:

- a) Naturaleza y frecuencia de las tareas.
- b) Ubicación de las actividades.
- c) Quién lleva a cabo las tareas, ya sea de forma permanente u ocasional.
- d) Personas u otros individuos que puedan ser afectados por las actividades.
- e) Nivel de capacitación de los trabajadores para realizar las tareas.
- f) Procedimientos de trabajo escritos y permisos necesarios.
- g) Equipos y maquinaria utilizados.
- h) Herramientas motorizadas manuales empleadas.
- i) Instrucciones de los fabricantes para el uso y mantenimiento de equipos y maquinaria.
- j) Características de los materiales manipulados, como tamaño, forma y peso.
- k) Distancia y altura de movimiento manual de materiales.
- l) Tipos de energía utilizados, como aire comprimido.
- m) Sustancias y productos empleados y generados durante el trabajo.
- n) Estado físico de las sustancias utilizadas, como gases, vapores o polvo.
- o) Información y etiquetado de las sustancias.
- p) Cumplimiento de la legislación aplicable.
- q) Medidas de control existentes.
- r) Historial de incidentes, accidentes y enfermedades laborales relacionadas.
- s) Evaluaciones de riesgos previas relacionadas con la actividad.
- t) Organización del trabajo.

B) Análisis de riesgos:

1. Identificación de peligros.

Para realizar la identificación de riesgos, es fundamental plantearse tres preguntas clave:

- a) ¿Existe alguna fuente potencial de daño?
- b) ¿Quiénes o qué pueden resultar afectados?
- c) ¿Cómo podría ocurrir el daño?

Para facilitar este proceso, es útil categorizar los riesgos de diversas maneras, como por ejemplo, por tipos: mecánicos, eléctricos, relacionados con radiaciones, sustancias químicas, incendios, explosiones, entre otros.

Además, se puede elaborar una lista de preguntas orientativas, como las siguientes: Durante las actividades laborales, ¿existen los siguientes riesgos?

- a) Golpes y cortes.
- b) Caídas en el mismo nivel.
- c) Caídas de altura de personas.
- d) Caídas de herramientas o materiales desde alturas.
- e) Espacios confinados.
- f) Riesgos asociados con la manipulación manual de cargas.
- g) Peligros en instalaciones y maquinaria relacionados con su instalación, operación, mantenimiento, reparación, entre otros.
- h) Riesgos asociados con vehículos, tanto internos como en carretera.
- i) Incendios y explosiones.
- j) Sustancias inhalantes.
- k) Sustancias o agentes que puedan dañar los ojos.
- l) Sustancias que puedan causar daño por contacto con la piel o absorción.
- m) Sustancias que puedan ser dañinas si son ingeridas.
- n) Peligros relacionados con energías peligrosas, como electricidad, radiaciones, ruido y vibraciones.

- o) Trastornos musculo esqueléticos derivados de movimientos repetitivos.
- p) Condiciones térmicas inadecuadas.
- q) Deficiencias en la iluminación.
- r) Barandillas deficientes en escaleras.

Esta lista es solo un punto de partida, ya que en cada caso particular será necesario desarrollar una lista adaptada, considerando las actividades específicas realizadas y los entornos laborales donde se llevan a cabo.

2. Estimación del riesgo.

2.1. Severidad del daño.

Para evaluar la posible gravedad de un daño, es importante considerar lo siguiente:

- a) Las partes del cuerpo que podrían resultar afectadas.
- b) La naturaleza del daño, desde levemente perjudicial hasta extremadamente perjudicial.

En cuanto a la severidad del daño, se pueden diferenciar tres categorías que son las siguientes:

- I. Ligeramente dañino: daños superficiales como cortes pequeños, magulladuras, irritación ocular por polvo, molestias leves como dolores de cabeza o malestar.
- II. Dañino: Lesiones más graves como laceraciones, quemaduras, conmociones, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos musculo esqueléticos, enfermedades que provocan una incapacidad leve.
- III. Extremadamente dañino: Lesiones graves como amputaciones, fracturas graves, intoxicaciones, lesiones mortales, enfermedades crónicas como el cáncer que reducen significativamente la esperanza de vida.

2.2. Probabilidad que ocurra el daño.

La probabilidad de que ocurra un daño puede clasificarse de baja a alta, según el siguiente criterio:

- Alta probabilidad: El daño ocurrirá siempre o casi siempre.
- Media probabilidad: El daño ocurrirá en algunas ocasiones.
- Baja probabilidad: El daño ocurrirá rara vez.

Al determinar la probabilidad de daño, es crucial evaluar si las medidas de control existentes son adecuadas. Los requisitos legales y los códigos de buenas prácticas para medidas de control específicas también son fundamentales. También hay que tener en cuenta, además de la información sobre las actividades laborales, varios aspectos como son las características personales o estado biológico de los trabajadores porque en ocasiones pueden estar en una situación especialmente sensible a algunos riesgos. También al tiempo que están en exposición al riesgo, fallos en suministros de electricidad y agua, fallos también en las instalaciones o maquinaria y sus componentes, al igual que se pueden producir fallos en los sistemas de dispositivos de protección. También hay que considerar el tipo de protección que dan los equipos de protección individual (EPI) y su duración, exposición a los diferentes factores ambientales como hemos visto en apartados anteriores, y por último a errores que pueden cometer los trabajadores tanto por actos inseguros como a incumplimiento de procedimientos de seguridad y normativa.

La siguiente tabla ofrece un método sencillo para estimar los niveles de riesgo, combinando su probabilidad estimada y sus consecuencias esperadas.

		Niveles de riesgo		
		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Tabla 4: Estimación de nivel de riesgo combinando probabilidad estimada y consecuencias. (Tabla obtenida de del documento llamado Evaluación de Riesgos Laborales del INSST, cuyo enlace web es: chrome-extension://efaidnbmnnibpcapcglclefindmkaj/https://www.insst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d)

3. Valoración del riesgo.

Se tiene que valorar si los riesgos son tolerables o no. Los niveles de riesgo indicados en el cuadro anterior son fundamentales para determinar si es necesario mejorar los controles actuales o implementar nuevos, así como para decidir el momento adecuado para tomar acciones. La siguiente tabla proporciona un criterio sugerido como punto de partida para la toma de decisiones. Además, la tabla muestra que los esfuerzos requeridos para controlar los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control deben ser proporcionales al nivel de riesgo.

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado esté asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Tabla 5: acción sugerida según el nivel de riesgo obtenido en la tabla anterior. (Tabla obtenida de del documento llamado Evaluación de Riesgos Laborales del INSST, cuyo enlace web es: chrome-extension://efaidnbmnnibpcapcglclefindmkaj/https://www.insst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d)

4. Plan de control de los riesgos (Preparación).

El resultado de una evaluación de riesgos debe servir para crear un inventario de acciones, con el objetivo de diseñar, mantener o mejorar los controles de riesgos. Es fundamental tener un procedimiento adecuado para planificar la implementación de las medidas de control necesarias tras la evaluación de riesgos.

Los métodos de control deben seleccionarse siguiendo estos principios:

- a) Abordar los riesgos en su origen.

- b) Adaptar el trabajo a la persona, especialmente en lo que respecta al diseño de los puestos de trabajo y la elección de equipos y métodos de trabajo y producción, con el objetivo de reducir el trabajo monótono y repetitivo y minimizar sus efectos en la salud.
- c) Considerar la evolución de la tecnología.
- d) Sustituir lo peligroso por alternativas que impliquen poco o ningún riesgo.
- e) Priorizar las medidas de protección colectiva sobre las individuales.
- f) Proporcionar instrucciones adecuadas a los trabajadores.

5. Revisión del plan de actuación.

Ante de que se realice la implantación del plan de actuación, debe de realizarse su revisión y además, debe de tenerse en consideración varios aspectos como pueden ser que si los nuevos sistemas de control han añadidos peligros nuevos que antes no aparecían, o si los nuevos sistemas de control de riesgos conducirán a niveles aceptables de riesgo. También es importante conocer la postura que tienen los empleados que se ven perjudicados con las nuevas medidas de control que se van a llevar a cabo, todo ello desde el punto de vista de la efectividad y necesidad de dichas nuevas medidas.

La evaluación de riesgos debe ser, en general, un proceso continuo. Por lo tanto, la adecuación de las medidas de control debe estar sujeta a una revisión continua y modificarse cuando sea necesario. Asimismo, si las condiciones de trabajo cambian, y con ello varían los peligros y los riesgos, deberá revisarse la evaluación de riesgos.

6. Ficha de ejemplo para evaluación general de riesgos.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en su artículo 23.1 a) y el R.D. 39/1997, establece la obligación del empresario de documentar la evaluación de riesgos y mantenerla disponible para la autoridad laboral. Para ayudar en la elaboración de todo este procedimiento, hay disponible en el anexo B de dicho Real Decreto.

Estas fichas que a continuación se detallan, están realizadas teniendo en cuenta el tipo de trabajo del que está basado el presente Trabajo Fin de Máster que es el de instalador de placas fotovoltaicas. Además, se centrará a su vez en realizar este tipo de trabajos en altura, para así proporcionar las medidas preventivas oportunas para cada caso de estudio.

5.2.FICHAS EVALUACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE TRABAJOS EN ALTURA

FICHA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS INSTALADOR		
CAUSAS DEL RIESGO		DENOMINACIÓN DEL RIESGO
EVALUACIÓN	PROBABILIDAD	BAJA
	CONSECUENCIA	EXTREMADAMENTE DAÑINA
	RIESGO	MODERADO
MEDIDAS PREVENTIVAS PROPUESTAS		
Se debe de seleccionar una escalera de mano que sea de material de fibra de vidrio preferentemente, o una alternativa más económica que es la de madera, puesto que son materiales dieléctricos o permite una muy baja conductividad eléctrica y que tienen la ventaja de proporcionar seguridad en el momento que se vaya a realizar la parte de conexión eléctrica de las placas fotovoltaicas o esté apoyada cercana a zonas con tensión.		
Para evitar trabajar sobre los últimos peldaños de la escalera, se tiene que verificar antes que su altura sea adecuada, ya que nos vamos a encontrar mucha diferencia de alturas si estamos trabajando en un tejado residencial o en el techo de una nave industrial. En el caso de que no se llegue a la altura deseada, no se debe de colocar otros elementos o incluso unir con otra escalera de forma improvisada para alcanzar mayor altura.		
Se debe de colocar las escaleras sobre una superficie que asegure estabilidad durante su uso, por lo que tiene que estar sobre una zona firme, nivelada y sin inclinación.		
Es importante fijar tanto la parte superior como la parte inferior con cuerdas, ganchos o cualquier tipo de sistema de anclaje para poder tener inmovilizado las escaleras durante su uso. Este aspecto es mas importante tenerlo en cuenta cuando se va a realizar las instalaciones de las placas en techos residenciales debido que que normalmente presenta superficies mas irregulares que en techos industriales.		

Antes de hacer uso de las escaleras se debe de revisar todos sus componentes para verificar que está en buenas condiciones de uso (zapatas, sistemas de anti apertura, peldaños, etc).
Para un correcto uso de las escaleras, éste debe de ser subir y bajar de frente a ella, con las manos libres, no se debe de inclinar el trabajador para intentar llegar a zonas que están fuera del alcance normal, es decir, no sobrepasar lateralmente la línea de los hombros. Por lo tanto, se debe de realizar los trabajos o el acceso a los tejados donde se vayan a realizar la instalación de las placas fotovoltaicas, sobre la vertical de la escalera.
Cuando se vaya a utilizar para acceder a sitios de elevada altura como pueden ser las naves industriales, los largueros tienen que sobresalir al menos un metro por encima del lugar de apoyo.
Si se utiliza escalera de tijeras, debe de tener un dispositivo de tope y cadena o cinta para impedir que ésta se abra accidentalmente. Su uso correcto es que tienen que estar completamente extendida y con la cadena o cinta en tensión, no está permitido usarse en su posición plegada. También es importante que no se deba de utilizar para realizar los trabajos los cuatro últimos peldaños ni tampoco posicionarse a ambos lados de la escalera.
Para evitar accidentes indirectos, es importante delimitar y señalizar bien la zona donde va a estar ubicado las escaleras. Cuando se trabaja en techos residenciales, se puede estar cerca de carreteras, cocheras o zonas de tránsito de personas que circulan por las aceras. En cuanto a trabajos que se realizan en naves industriales, la zona donde se apoya la escalera puede estar cerca de tránsito de vehículos que trabajan en esa empresa, o por ejemplo camiones que vayan a cargar o descargar cerca de donde nos situamos. Si se trabaja en zona con poca visibilidad o de noche, se debe de iluminar bien la zona de trabajo.
Se deberá de instalar una línea de vida vertical cuando los pies del trabajador supera los dos metros de altura y permanece en ella un tiempo prolongado que va más allá de lo recomendado (muy frecuente en instalación de placas fotovoltaicas sobre tejados residenciales). Uso de arnés anticaídas en cada punto de enganche anticaídas. Uso de cinturón de sujeción y retención y dispositivo de anticaídas con absorbedor de energía.
Emplear un sistema de protección contra caídas, un casco con barbuquejo y calzado antideslizamiento.

A continuación, se completan las medidas preventivas expuestas en la ficha y ver que normativa les afecta. Por lo tanto, para prevenir caídas desde alturas, el Real decreto 1215/1997 especifica en su artículo 4.2.3. que “cuando una escalera se utilice como lugar de trabajo y las tareas se realicen a más de 3,5 metros de altura y requieran movimientos o esfuerzos que puedan comprometer la estabilidad de la persona, se debe utilizar un equipo de protección individual anticaídas o adoptar otras medidas de protección alternativas”. Este tipo de requisito se aplica cuando los pies de la persona que trabaja están a 2 metros de

altura, por lo que la elección de la escalera debe considerar su uso principal y la altura a la que se va a trabajar, determinando así la longitud adecuada de la escalera.

Por otro lado, tenemos también referencias de la normativa NTP que son guías de buenas prácticas que, aunque no sean de obligado cumplimiento, si son muy recomendables tenerlos en cuenta. En este caso corresponde a NTP 239 que se trata sobre escaleras manuales y entre las recomendaciones nos indican por ejemplo los distintos materiales que están fabricadas las escaleras y sus ventajas e inconvenientes. Tal y como se ha indicado en las medidas preventivas de la Ficha de Evaluación de Riesgos, las que mejor podemos utilizar son las de fibra de vidrio por su gran ventaja que tiene como aislante frente a la corriente eléctrica cuando vamos a realizar la instalación de las placas o inversores de las placas fotovoltaicas. Si en el momento que vamos a trabajar, no hay ningún peligro de corriente eléctrica tanto en la instalación directa como en zonas cercanas, lo ideal será utilizar escaleras de aluminio por ser económicamente mas baratas, ligeras y más versátiles. También nos indica que es recomendable inspeccionar las escaleras y sus complementos como máximo cada seis meses teniendo en cuenta, por ejemplo, los peldaños flojos, que no estén rotos, bien anclados, etc. También inspeccionar el sistema de sujeción y apoyo, y si las escaleras son extensibles, revisar el estado de los elementos auxiliares como poleas, cuerdas, etc.

Otro aspecto importante indicado en la norma NTP 239 es la de la inclinación de la escalera a la hora de usarla tanto para trabajar como para poder usarla de acceso y desplazamiento sobre ella. Indica la norma que si estamos ante una escalera apoyada sobre una pared o cualquier elemento constructivo que de seguridad de estabilidad, ésta debe de estar comprendida con un ángulo entre 75,5º y 70,5º. Si nos encontramos ante una escala de tijera, el ángulo máximo que tiene que tener cuando esté abierta debe de ser de 30º y la cuerda o cadena que los une, tiene que estar extendida y en tensión. Muy importante tener el bloqueo del limitador de abertura.

Como normativa de obligado cumplimiento a nivel europeo tenemos la Norma UNE EN 131 sobre escaleras, el cual, entra en detalles mas específicos sobre los requisitos que tienen que cumplir las escaleras y además, informa sobre requisitos técnicos, dimensiones, materiales, tipologías, etc. Algunos detalles que podemos encontrar y que tenemos que

tener en cuenta a la hora de trabajar sobre el tipo de trabajo del que consiste el presente TFM son los siguientes:

- la carga que puede soportar una escalera como máximo no puede superar los 150kg teniendo en cuenta también las herramientas o cualquier objeto que portemos cuando la estemos utilizando.
- Sólo está permitido el uso de unas escaleras por una sola persona al mismo tiempo.
- La distancia entre peldaños (soporte para ascender con una dimensión de apoyo menor a 80mm) y escalones (soporte de ascenso igual o mayor a 80mm) debe de ser uniforme y con una desviación aceptable de mas menos 2mm.
- La distancia entre los peldaños tiene que estar comprendida entre 250 y 300mm, mientras que la distancia entre los escalones debe de estar entre 230 y 300mm
- En el tipo de escaleras de apoyo que es lo que mas se va a usar para el tipo de trabajo que vamos a llevar a cabo, si tiene menos de 3 metros, la anchura mínima exterior permitida debe ser de 340mm.
- Las escaleras denominadas autoestables, tienen que tener un dispositivo de seguridad que impida su apertura accidental durante su uso.

En resumen, las escaleras de mano son herramientas útiles pero conllevan riesgos que deben ser gestionados adecuadamente. Es crucial que se usen sólo cuando no haya una alternativa más segura, y que se tomen todas las precauciones necesarias para asegurar su estabilidad y la seguridad del trabajador. Normalmente, este sistema se utilizará cuando se quiera realizar un trabajo puntual o revisión en la instalación de las placas fotovoltaicas, o para acceder a la zona de trabajo cuando no sea posible usar otros sistemas por motivos económicos o de espacio. Las normativas vigentes, como el Real Decreto 1215/1997, proporcionan grúas claras sobre cómo y cuándo deben usarse estas escaleras, subrayando la importancia de medidas preventivas y el uso de equipos de protección cuando se trabaja a alturas significativas.

FICHA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS INSTALADOR		
CAUSAS DEL RIESGO		DENOMINACIÓN DEL RIESGO
EVALUACIÓN	PROBABILIDAD	BAJA
	CONSECUENCIA	EXTREMADAMENTE DAÑINA
	RIESGO	MODERADA
MEDIDAS PREVENTIVAS PROPUESTAS		
Andamios: Se realizará bajo la supervisión y responsabilidad de un Supervisor especializado, la instalación y desmontaje de los andamios, quien autorizará por escrito su utilización. Todas las conexiones en la estructura del andamio debe tener pasadores de seguridad.		
Para acceder a las plantas superiores si las hubiera, deberá de realizarse mediante escaleras interiores y fijadas al andamio, nunca se subirá y/o bajará por el exterior.		
Se debe acotar la zona inferior del andamio y no se podrá mover la estructura si hay trabajadores sobre el mismo.		
La zona del andamio donde el operario realiza su trabajo, que es la plataforma de trabajo, debe de estar colocado los materiales o utensilios que el trabajador va a utilizar de forma mas inmediata. La Anchura que debe de tener como mínimo esta plataforma es de 60cm.		
No está permitido usar diferentes complementos o sistemas como pueden ser escaleras, cajas, palés, bidones, etc sobre la plataforma de trabajo del andamio para aumentar la altura.		
Cuando se haya finalizado el montaje del andamio, no se permitirá que se retire algún elemento de su estructura hasta que no sea totalmente desmontado.		
Uso de Arnés anticaídas con el marcado CE que incluye la letra "A" en cada punto de sujeción contra caídas, en el caso de que se esté trabajando en andamio.		
Plataformas elevadoras: El manejo de las PEMP es exclusivamente por personal autorizado y que tenga una formación específica para este tipo de maquinaria.		
Antes de comenzar la jornada de trabajo, hay que cercionar de que tanto la plataforma elevadora como los mandos de control de la misma se encuentran correctamente para su funcionamiento.		

Antes de realizar algún movimiento con la plataforma, hay que comprobar que no hay obstáculos, que la estabilidad del terreno sea adecuada, no modificar ni anular los elementos de la plataforma, no utilizar tablas o escaleras para poder incrementar la altura de trabajo.
Es importante señalizar y acotar las zonas donde se van a realizar las operaciones de instalación de las placas y asegurarse de que no hay personas debajo de la plataforma durante los trabajos.
Es necesario apagar el motor durante alguna pausa en el desarrollo de los trabajos, por muy breve que sea dicha pausa.
Hay que respetar también las distancias respecto a las líneas de electricidad y evitar sobrecargas en la plataforma, es mas aconsejable que las cargas estén repartidas. Está prohibida la utilización de estos equipos para elevar o bajar cargas (por ejemplo subir las placas fotovoltaicas al lugar de instalación), sólo está diseñado para ser usado por personas con sus herramientas de trabajo.
Antes de empezar a trabajar, se tiene que planificar y organizar bien todos los movimientos que se tienen previsto realizar para realizar los trabajos.
No se debe de utilizar estas plataformas, tanto conducir como movimiento de elevación, cuando hayan condiciones meteorológicas adversas y, sobre todo, fuerte viento.
Este tipo de plataformas tienen unas puertas que permiten acceder a la plataforma de trabajo, las cuales deben de permanecer cerradas durante los trabajos. Tampoco se puede subir o bajar el operario al plataforma cuando ésta está en movimiento y tampoco escalar por los dispositivos de elevación.
Está totalmente prohibido el intentar alargar el alcance máximo que se obtiene con la plataforma con otros medios auxiliares como pueden ser escaleras o andamios.
Las zonas de la maquinaria que tienen partes móviles, deben de estar señalizadas debidamente y protegidas para evitar que los trabajadores accedan a ellas de forma accidental o cualquier despiste.
Empleo de sistema de retención según la normativa UNE-EN 358:2000, con marcado CE que indica la longitud máxima del equipo, en el caso de que se esté trabajando sobre una Plataforma elevadora.
Se instalarán barandillas de seguridad en las plataformas o andamios utilizados para acceder a las cubiertas o al área de trabajo, con el fin de prevenir caídas accidentales de los trabajadores, incluso en caso de resbalones. Además, en plataformas o andamios con una altura superior a 2 metros, se colocarán barandillas en los bordes o aberturas donde pueda haber riesgo de caída de personas.

En cuanto a la normativa que afectan a las medidas preventivas relacionadas con el uso de los andamios tenemos que:

El Real Decreto 2177/2004, que modifica el Real Decreto 1215/1997, establece en su artículo 4.3. disposiciones específicas. Según esta normativa, “se requiere la elaboración de un plan detallado de montaje, uso y desmontaje del andamio, dependiendo de su complejidad”. Este plan es obligatorio para andamios de mayor complejidad, como los suspendidos, móviles o de gran altura, por lo que no será de cumplimiento en la gran mayoría de los trabajos relacionados con la instalación de placas solares tanto en tejados residenciales como en naves industriales porque para estos casos, los trabajos van a ser de corta duración y no hará falta hacer montaje de andamios complicados ni de gran altura.

Conforme al artículo 4.3.8. del Real Decreto 1215/1997, “es obligatorio que los andamios sean revisados por un profesional autorizado antes de su uso, de manera periódica, y tras cualquier modificación, período de inactividad o situación que pueda afectar a su resistencia o estabilidad”. Al diseñar, construir, proteger y utilizar andamios, se deben tener en cuenta varios factores, tales como la ubicación, las especificaciones del fabricante, las condiciones laborales, las tareas a realizar, las cargas, los materiales, los equipos y herramientas necesarios, la iluminación, las vibraciones y las condiciones climáticas. Es crucial tomar medidas especiales para evitar caídas de personas desde alturas y proteger a todos, tanto trabajadores como peatones, de la caída de objetos.

“Cuando el riesgo de caída sea superior a 2 metros, el equipo de trabajo debe contar con barandillas u otro sistema de protección colectiva similar”, según lo indicado en el anexo I del Real Decreto 1215/1997. Además, el artículo 175 del VI Convenio General del Sector de la Construcción especifica que “las barandillas deben ser robustas, con una altura mínima de 90 centímetros, incluir una protección intermedia y un rodapié. Se recomienda que las barandillas tengan una altura de 1 metro”. Para completar lo comentado anteriormente, dicha barandilla, según la guía de buenas prácticas NTP 123 Barandillas; tiene que tener instalado también un pasamanos. El rodapié tiene que tener una altura mínima de unos 15cm y es una parte muy importante de la estructura ya que además de evitar que se produzca la caída del operario cuando este resbale o sobrepase la barrera de la barandilla por debajo, tiene la función también de impedir que caigan continuamente materiales o cualquier tipo de elemento usado durante los trabajos de instalación de las placas fotovoltaicas. También indica esta Guía NTP 123, que la barandilla tenga una capacidad para poder aguantar una carga de 150kg por metro lineal.

También se considerará lo establecido en el Anexo I del RD 486/1997 en el que indica de forma muy general, el uso de este dispositivo como es la barandilla en el lugar de trabajo, y viene a decir que éstas deben de ser de materiales rígidos, tienen que tener una altura mínima de 90 cm y también estar equipado con algún complemento que impida el paso de personas por debajo de la barandilla e incluso impedir que pasen objetos o materiales de pequeño tamaño, lo que se asemeja a lo comentado anteriormente de la norma NTP 123 del sistema de rodapié.

Como el objetivo del presente TFM es instalación de placas fotovoltaicas en tejados de residenciales o naves industriales, como en muchos casos se van a utilizar andamios, estos deben de cumplir también los requisitos de la Norma UNE-EN 12811-1 relativo a equipamiento para trabajos temporales sobre andamios. Esta norma establece los requisitos de comportamiento y métodos de diseño estructural y general para andamios de trabajo y acceso. La estabilidad de los andamios depende de las estructuras adyacentes por lo que esta normativa también especifica reglas para el diseño estructural cuando se utilizan ciertos materiales y reglas generales para el equipamiento con componentes prefabricados.

El uso de equipos de protección individual (EPI) contra caídas, queda condicionado a las instrucciones del fabricante y a la evaluación de riesgos necesaria para el montaje, uso o desmontaje del andamio. Generalmente, en situaciones donde no se garantice la protección contra caídas mediante protecciones colectivas, o en tareas puntuales en estas áreas, se debe utilizar un equipo de protección anticaídas.

Y en cuanto a la normativa que afecta al uso de la maquinaria de las plataformas con respecto a las medidas preventivas planteadas en la ficha de Evaluación de Riesgos tenemos que:

Existen numerosos riesgos asociados al uso de las PEMP, por lo que cualquier persona que vaya a utilizarlas debe recibir una formación adecuada y estar debidamente cualificada. Según la norma UNE 58923:2020, dice que: “la formación recomendada incluye al menos 4 horas de teoría, ya sea presencial o en línea, seguidas de 15 minutos de explicación y demostración práctica, y 20 minutos de ejercicio práctico” y según establece el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en el

segundo párrafo de su artículo 3.4, se expone que: "Cuando a fin de evitar o controlar un riesgo específico para la seguridad o salud de los trabajadores, la utilización de un equipo de trabajo deba realizarse en condiciones o formas determinadas que requieran un particular conocimiento por parte de aquellos, el empresario adoptará las medidas necesarias para que la utilización de dicho equipo quede reservada a los trabajadores designados para ello". Además, en su anexo II.2.1 establece: "La conducción de equipos de trabajo automotores estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una formación específica para la conducción segura de esos equipos de trabajo".

Entre los riesgos más comunes al utilizar PEMP se encuentran las caídas, tanto al mismo nivel como a diferentes niveles, caída de objetos desde la plataforma sobre personas propiedades, volteo de la plataforma, atrapamientos o golpes contra la estructuras móviles o fijas de la plataforma.

De los muchos riesgos que nos encontramos al trabajar con este tipo de maquinaria, los más importantes y graves que se pueden producir es con la caída desde altura, los cuales se pueden agravar o provocar por diferentes circunstancias como puede ser trabajar en la plataforma sin barandillas de seguridad, ganar alcance a parte de la plataforma mediante acoplamiento de otros medios como pueden ser escaleras, bloques, palés, etc. o incluso trabajar con parte del cuerpo fuera de la plataforma para alcanzar alguna zona que no llegue la plataforma. Otro de los riesgos que se pueden producir es la de sobrecargar la plataforma de trabajo que proyecte más fuerza sobre el brazo y provoque como consecuencia de esto que sufra un movimiento brusco haciendo efecto catapulta, teniendo como finalidad que la persona salga despedida. Este tipo de efecto catapulta también puede ser provocado si la máquina está trabajando sobre un terreno irregular el cual hace que no se distribuya las fuerzas de forma uniforme.

Por todo lo expuesto anteriormente sobre los riesgos a la hora de trabajar con este tipo de maquinaria y completando de forma más específica las distintas medidas preventivas indicadas en la Ficha de Evaluación de Riesgo, se puede añadir las siguientes medidas:

- cuando se use barandillas, éstas no deben de ser inferior a 90cm, pero lo recomendable según la Norma UNE EN 280:2014+A1:2016, es que las barandillas sean de una altura de 110cm, con una barra intermedia a 55cm del

suelo y cuente con un rodapié de, al menos, 5cm. En el caso de existir una puerta en la plataforma de trabajo, ésta debe de abrir hacia fuera. Tanto la barandilla como todos sus complementos tienen que tener la capacidad de resistencia de al menos 500N/persona.

- Con respecto al efecto catapulta comentado antes, es necesario planificar bien la zona de trabajo antes de realizar cualquier movimiento, estudiando bien el terreno y las zonas que se tienen que utilizar para trabajar. De esta forma se evitan escalones, zonas con mucha pendiente o que por ejemplo pueda ceder el terreno por el peso de todo el dispositivo. Es importante también evitar el traslado de la PEMP con la plataforma elevada, tanto si se está ejecutando trabajos como si simplemente se está desplazando.
- En cuanto a la utilización de EPIS, se usarán los que sean obligatorios por parte de la empresa fabricante en el manual de instrucciones y la documentación informativa de la maquinaria, que normalmente consistirá en un sistema de retención que estará conectada a un punto de anclaje específico. Este punto de anclaje es importante que esté señalizado con la frase de “sólo retención” y también puede ir acompañado de un pictograma haciendo la misma referencia que la frase, incluso también con el número de personas que pueden unirse a la misma vez a este punto de anclaje. Un requisito importante de este anclaje también es que sea capaz de resistir una fuerza estática de 3kN

FICHA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS INSTALADOR		
CAUSAS DEL RIESGO		DENOMINACIÓN DEL RIESGO
EVALUACIÓN	PROBABILIDAD	BAJA
	CONSECUENCIA	EXTREMADAMENTE DAÑINA
	RIESGO	IMPORTANTE
MEDIDAS PREVENTIVAS PROPUESTAS		
Aquellas zonas frágiles como claraboyas, lucernarios, chapas en mal estado, etc, se deberá de señalizar y balizar la zona para evitar que algún trabajador acceda a este sitio de forma accidental. Otra forma de proteger esta zona y evitar la caída o su rotura es la de cubrirlo con un emparrillado metálico que tenga una resistencia equivalente al propio material que se cubre (que según la norma es de una carga estática de 90kg aplicado perpendicularmente sobre cualquier punto de la superficie). Estas indicaciones mencionadas se encuentran mas detalladas en la guía técnica NTP 448: Trabajos sobre cubiertas de materiales ligeros.		
Se debe de hacer una gestión de los residuos y mantener un orden de limpieza sobre la zona de trabajo. La cubierta debe de mantenerse libres de materiales sueltos, obstáculos o herramientas que no vayan a ser utilizadas en ese momento, con la finalidad de que la zona de trabajo esté lo más libre posible y permita a los trabajadores realizar su labor sin tener tropiezos que provoque su caída tanto a una zona frágil de la cubierta como fuera de ella.		
Se tiene que tener en cuenta las condiciones meteorológicas hasta tal punto que se debe de suspender los trabajos si se produce lluvia o viento fuerte de mas de 40km/h. Así se evitará que se produzcan superficies mojadas y resbaladizas, o que un golpe de viento provoque la caída del trabajador.		
Se instalarán barandillas de seguridad a lo largo del perímetro de la cubierta donde se lleven a cabo los trabajos, con el propósito de prevenir la caída accidental de los trabajadores, incluso en caso de resbalones. El tipo de barandillas que se instalarán teniendo en cuenta que nos basamos sobre instalación de placas solares, serán de barandillas de contrapeso (autoportantes) cuando nos encontramos en cubiertas de naves industriales, y en el caso de tejados residenciales, lo más común es instalar la barandilla sobre el andamio.		
Instalación de redes de seguridad. De manera similar a las barandillas, las redes de seguridad actúan como una medida de protección contra caídas desde alturas elevadas. Además de salvaguardar contra la caída		

de personas, estas redes también previenen la caída de objetos que podrían causar lesiones a trabajadores o transeúntes que estén cerca de la zona de trabajo.

Instalación de sistemas de línea de vida horizontales. Se instalarán sistemas de línea de vida horizontal a lo largo de toda la cresta del tejado, a los cuales los trabajadores estarán asegurados y evitarán que, en caso de resbalar, tropezar o caer, puedan caer desde el tejado al suelo.

Arnés anticaídas. Uso de Arnés anticaídas con certificación CE, con la letra "A" en cada punto de anclaje contra caídas. Empleo de cinturón de sujeción y retención, con certificación CE y con indicación de la longitud máxima del equipo. Utilización de dispositivo anticaídas absorbente de energía (disipador), o dispositivo retenedor.

Instalación de pasarelas de circulación sobre cubiertas ligeras con el propósito de prevenir su ruptura o colapso, y consecuentemente, proteger al trabajador contra caídas. Estas pasarelas se ubicarán entre múltiples vigas o perfiles metálicos para evitar que al caminar sobre ellas, la lámina o uralita ceda o se quiebre, reduciendo el riesgo de caída para el trabajador.

Con respecto a información mas detallada sobre los requisitos de instalación de barandillas, se remite al apartado anterior en la página 56 de la Ficha de Evaluación de Riesgos en plataformas elevadoras y andamios.

En lo que se refiere a instalación de barandillas sobre tejados residenciales o cubiertas de las naves industriales, nos centraremos en la Norma UNE-EN 13374:2013+A1 relativo a Sistemas provisionales de protección de borde. El objetivo de esta norma es fundamentalmente prevenir que se produzcan caídas de personas que están trabajando desde superficies elevadas que presenten bordes, como pueden ser en tejados residenciales, cubiertas de naves industriales o incluso desde plataformas. Esta norma se ajusta al trabajo de instalación de placas solares en altura, que es en lo que consiste el presente Trabajo fin de máster, por lo que es importante tenerlo en cuenta.

Esta normativa se va a aplicar sobre todo cuando trabajemos instalando placas en cubiertas de naves industriales debido a que se establece una clasificación dentro de la norma según la inclinación de la superficie de la zona de trabajo, y en este caso, la mayoría de las cubiertas de naves industriales donde se van a realizar las instalaciones de las placas, van a tener una inclinación igual o inferior a 10°, por lo tanto pertenece a la clase A.

Teniendo en cuenta que estamos ante un trabajo de instalación de placas solares y una clasificación Clase A, lo más recomendable teniendo en cuenta esta norma es que se utilice como protección colectiva de bordes las **barandillas de contrapeso (autoportantes)**. Las razones principales para este sistema es que las cubiertas son planas o con muy poca inclinación, tienen amplia superficie para instalar adecuadamente todos los componentes de estas barandillas, sobre todo los contrapesos. Permite también la instalación de estas barandillas sin necesidad de realizar perforaciones sobre la cubierta y evita problemas de impermeabilidad.

Por contra, esta normativa se aplica menos en tejados residenciales debido a que tienen mayor inclinación de la superficie donde se trabaja, que está en torno a 20º-40º normalmente, por lo que se encuadra como categoría B o C de la norma. Teniendo en cuenta esta clasificación, se debería de usar barandillas inclinadas o fijadas al tejado, el cual lo hace que se use muy poco porque requiere de una instalación compleja sobre los tejados de teja o pizarra, tiene muy poca disponibilidad para obras pequeñas como es nuestro caso y también por su elevado coste de montaje. Por lo tanto, para tejados residenciales se optará mejor por usar andamios y es ahí donde irá instalado una barandilla de seguridad según características comentadas en apartados anteriores.

En cuanto a instalación de redes de seguridad, Para determinar la colocación y los tipos adecuados de redes de seguridad, se seguirán las directrices establecidas en la "NTP 124: Redes de Seguridad" y también se dan algunas instrucciones en la NTP 448: Trabajos sobre cubiertas de materiales ligeros. En cuanto a la guía NTP 124 y relacionado con la instalación de placas solares en altura, cabe destacar que los tipos de redes que se mencionan en esta norma y que mas se utilizan para este tipo de trabajos son las horizontales que se encuentran instaladas en la zona de trabajo, sujetas a la misma estructura del edificio y su misión es la de evitar tanto caída de los trabajadores que es lo mas importante, como también caída de materiales por algún hueco o por rotura de alguna zona frágil de la cubierta. Otro tipo que se puede utilizar también si no es posible la instalación de barandillas, son las redes verticales que se instalan de forma perimetral y evitan así las caídas laterales.

En cuanto a la normativa vigente que hay que tener en cuenta en estos aspectos relacionados con las redes de seguridad y sus accesorios, tenemos también la normativa

europea UNE-EN 1263 parte 1 y parte 2. La parte 1 de esta normativa tiene como objeto la protección de las personas en caídas de altura utilizando las redes de seguridad y sus accesorios en la construcción y en las obras de ensamblaje. Especifica los requisitos de seguridad y los métodos de ensayo y tiene como base las características de comportamiento de las fibras de polipropileno y poliamida. Los materiales que componen las redes no deberían sufrir reducciones significativas en sus propiedades mecánicas en un rango de temperaturas que oscila entre -10°C y 40°C. La parte 2 corresponde a la especificación de los requisitos de seguridad para la instalación de redes de seguridad conforme al manual de instrucciones del fabricante y a las especificaciones del producto.

Línea de vida. Respecto al tipo, método de instalación, entre otros aspectos, de las líneas de vida, se seguirán las indicaciones proporcionadas en la "NTP 809: Descripción y selección de dispositivos de anclaje", la "NTP 843: Dispositivos de anclaje", la "NTP 893: Anclajes estructurales" y la normativa UNE-EN-795: Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje.

En primer lugar, con respecto a la norma **NTP 809** nos encontramos que para realizar instalaciones de placas solares en cubiertas de naves industriales (por lo general tienen un tipo de cubierta plana o con poca pendiente, inferior a 10°) o en tejados residenciales (cubiertas con inclinación de igual o mas de 10°), lo recomendable es usar dispositivos de línea de vida horizontal (Tipo C según la guía) y se instalarán de forma permanente o temporal sobre la estructura portante en naves o en puntos de anclajes móviles y parte alta del tejado (cumbre) en el caso de tejados residenciales. Otro tipo de dispositivo que se puede utilizar es el de anclajes fijos tipo A o C, que pueden ser argollas, pernos o anillas, las cuales van fijados sobre la cubierta de chapa o estructura metálica en el caso de naves industriales, o fijados a vigas estructurales de madera, hormigón o metálica para cuando estemos sobre tejados residenciales, incluso en este último hay modelos que se pueden ocultar bajo las tejas.

En cuanto a la guía técnica **NTP 843**, complementa a la anterior guía que se ha comentado (NTP 809) pero ofrece un punto de vista más técnico y práctico en que recomienda cómo elegir y aplicar los diferentes tipos de dispositivos de anclaje dependiendo del tipo de trabajo en altura que se esté realizando y sobre todo, la inclinación del tejado o cubierta, por lo tanto, es un añadido a la guía anterior.

Con respecto a la guía **NTP 893**, hay que tener en cuenta que se basa a su vez en la norma **EN 795:2012** y en este caso, se va a entrar en detalle del tipo de anclaje adecuado dependiendo del tipo de trabajo que se va a realizar. Por lo tanto, tenemos que para el Tipo A (anclaje fijo) tiene como elementos principales placas, cáncamos, pernos y puntos fijos certificados. Y por el Tipo C (Línea horizontal flexible) tenemos como elementos el cable, cinta, tensores, absorbedores y los puntos extremos e intermedios.

En conclusión y teniendo en cuenta las guías y técnicas anteriores podemos resumir el tipo de anclaje más recomendado según sea las situaciones siguientes:

Naves industriales: Presentan unas características comunes de que suelen ser cubiertas planas o muy baja pendiente (igual o menor de 10°), construidas con materiales de chapa grecada, paneles sándwich o cubiertas decks (formadas por varias capas de aislamiento térmico y acústico, chapa metálica y acabado impermeabilizante) y también suelen ser cubiertas con bastante superficie de trabajo y de fácil acceso mediante escaleras o plataformas. Debido a estas características, lo más recomendable es utilizar el sistema **Tipo C** que consiste en una Línea de vida horizontal (flexible o rígida) porque es ideal para poder desplazarse longitudinalmente por toda la cubierta y son aptos para varias personas de forma simultánea también. Otro sistema es el **Tipo A** que se trata de punto de anclaje fijo (individual) pero menos usado que el tipo anterior porque está mas indicado para accesos o zonas puntuales de trabajo, por lo que lo hace muy útil si hay zonas donde frecuentemente no hay paso. La fijación de este anclaje se realiza directamente a la estructura portante como por ejemplo una anilla o argolla atornillada a una viga. Las ventajas de este tipo de anclaje es que es muy económico y fácil de instalar, y por contra, además de lo comentado anteriormente, sólo permite que se conecte una persona. Y por último y por lo tanto el sistema menos recomendado (desde el punto de vista de orden de preferencia técnica), es el **Tipo E**, que consiste en dispositivo con contrapeso (autoportante), el cual es usado para cubiertas planas sin ninguna inclinación y que tenga un material que no se pueda perforar para su instalación y que no perjudique de esta manera la permeabilidad de la cubierta. Este sistema está compuesto por una base de hormigón y además un punto de anclaje superior.

Tejados residenciales: las características comunes que presenta este tipo de tejados es que tienen una inclinación normalmente de mas de 20° y están construidas de teja

cerámica, chapa ligera o pizarra. El acceso o zona de trabajo suele ser limitado por lo que se tienen que usar andamios, plataformas elevadoras o andamios. Otra característica es que el tiempo de trabajo en estas zonas suelen ser de corta duración. Lo mas recomendable en estos casos es usar el **Tipo A** que se trata de punto de anclaje fijo porque se adapta mejor a tejados inclinados y la fijación se realiza a vigas estructurales, también a las estructuras de hormigón o madera y otra opción es a la cumbre. Se pueden usar anillas que se ocultan bajo las tejas, ganchos estructurales o pernos químicos. Otro tipo muy recomendado para el trabajo de instalación de placas solares sobre tejados residenciales son las de **Tipo C** que, además, es compatible con el Tipo A visto anteriormente. Este Tipo C permite desplazamiento longitudinal por la zona de trabajo mientras se hace la instalación de los paneles y su modo de fijación es anclaje entre dos puntos Tipo A, por ejemplo cumbre o extremos del tejado. Este sistema permite también realizar movimientos por el tejado sin necesidad de desengancharse y está ideado para trabajo de corta duración como es el caso de la instalación de placas solares.

En una conclusión final a lo comentado anteriormente entre los dos tipos de cubiertas, es que la combinación más efectiva para ambas zonas de trabajo es la de combinar los tipos de anclajes A y C.

En cuanto al tipo de arnés requerido para los Tipos A y C que se han explicado y la normativa que le aplica para cumplir con la legislación vigente son los siguientes.

* Uso del Arnés anticaídas, conforme a la normativa UNE-EN 361:2002 y con certificación CE que incluya la letra “A” en cada enganche para la prevención de caídas.

* Empleo del cinturón de sujeción y retención, siguiendo las directrices establecidas en la norma UNE-EN 358:2018, con marcado CE que señale la longitud máxima del equipo.

* Utilización de dispositivos anticaídas absorbentes de energía, conforme a la normativa UNE-EN 355:2002, o dispositivos deslizantes sobre línea de anclaje (UNE-EN 353-1:2017) y (UNE-EN 353-2:2002), así como dispositivos retráctiles (UNE-EN 360:2002).

6 CONCLUSIONES

En el presente trabajo fin de máster se ha llevado a cabo un estudio de los riesgos de la seguridad para poder obtener una serie de medidas preventivas para que sirvan de guía tanto a niveles generales, como a nivel de equipos utilizados para realizar los trabajos y también según los dispositivos de protección usados en la zona de trabajo, centrándose dicho estudio en caídas a distinto nivel en el sector de instalaciones de placas fotovoltaicas.

Para llevar a cabo la Evaluación de riesgos se ha realizado a través del método general del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) elaborando unas fichas para así poder estudiar la valoración de los riesgos y obtener las medidas preventivas oportunas a dichos riesgos.

Una vez realizadas todas las fichas para el estudio de la valoración de los riesgos, cabe destacar la ficha que corresponde a trabajos en cubiertas frágiles, donde la evaluación presenta como resultado un riesgo importante junto con una consecuencia de extremadamente dañino, por lo que se llega a la conclusión de que es el tipo de trabajo que se realiza en altura y en el sector de instalaciones de placas fotovoltaicas que entraña más peligro y, por lo tanto, es necesario extremar las precauciones y llevar a cabo todas las medidas preventivas posibles para poder reducir a los niveles más bajos posibles los riesgos en cuanto a seguridad.

Además de las medidas preventivas expuestas en cada una de las fichas de evaluación, es muy importante destacar que para lograr que se aumenten las condiciones de seguridad en el trabajo y, por lo tanto, se reduzcan los accidentes y mejorar condiciones de trabajo, con respecto a los trabajos que se realizan a distinto nivel tanto para el sector objeto de estudio del presente trabajo fin de máster que es el de instalaciones de placas fotovoltaicas, como en otros tipos de sectores, es importante el aspecto de la formación e información a los operarios tanto antes de comenzar el trabajo como a lo largo de su vida profesional si van variando las condiciones en su puesto de trabajo.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

E.S.I. ES 8800: 1996 Guide to occupational health and safety management.

C.E. Directrices para la evaluación de riesgos en el lugar de trabajo(1996). Luxemburgo:
Oficina de Publicaciones de las Comunidades Europeas.

I.N.S.H.T: Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos. NTP-328-1993.

I.N.S.H.T:Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. NTP-330-1993.

I.N.S.H.7: Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del árbol de fallos y errores. NTP -
333-1994.

NTP 123 Barandillas

NTP 239: Escaleras manuales.

NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT.

NTP 448 sobre trabajos en cubiertas de materiales ligeros.

NTP 809: descripción y elección de dispositivos de anclaje

NTP 843: Dispositivos de anclaje de clase C

Ntp 893 anclajes estructurales

Norma UNE-EN-795:2012 sobre Equipos de protección individual contra caídas de altura.
Dispositivos de anclaje.

Norma UNE-EN 12811-1 relativo a equipamiento para trabajos temporales sobre andamios.

Norma UNE-EN 13374:2013+A1 relativo a Sistemas provisionales de protección de borde.

Norma UNE 1263-1 sobre equipamiento para trabajos temporales de obra, redes de seguridad. Parte 1: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.

Norma UNE 1263-2 sobre equipamiento para trabajos temporales de obra, redes de seguridad. Parte 2: Requisitos de seguridad para los límites de instalación.

Norma UNE-EN 355:2002 sobre equipos de protección individual contra caídas. Absorbedores de energía.

UNE-EN 361:2002: Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arneses anticaídas.

UNE-EN 358:2018: Equipos de protección individual contra caídas de altura. Cinturones para sujeción y retención y componente de amarre de sujeción.

UNE-EN 355:2002: Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas retráctiles.

UNE- EN 353-1:2017+ A1:2017: Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje. Parte 1: dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje rígida.

UNE-EN 353-2:2002: Equipos de protección individual contra caídas de altura. Parte 2: Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje flexible.

UNE-EN 360:2002: Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas retráctiles.

Norma UNE 81-702-80 Escaleras portátiles de madera Madrid. 1980.

Norma UNE 81-703-81 Escaleras portátiles de madera Madrid. 1981.

Norma UNE 81-704-81 Escaleras portátiles de madera Madrid. 1981.

Norma UNE 81-706-85 Escaleras portátiles de plástico reforzado Madrid. 1985.

Norma UNE 81-707-85 Escaleras portátiles de aluminio Madrid. 1985.

Norma UNE 81-708-85 Escaleras portátiles de acero Madrid. 1985.

Norma UNE EN 131, Norma Europea sobre escaleras

Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales (BOE n° 269 de 10 de noviembre).

Éxito en la gestión de la salud y de la seguridad. I.N.S.H.7.:1994

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE n° 27 de 31 de enero)

Temas específicos del Proceso Selectivo para ingreso en la Escala de Titulados Superiores del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, O.A., M.P. (INSST). Parte 2: “Seguridad en el trabajo”. V. marzo 2024.

REFERENCIAS WEBS:

GRÁFICAS

Gráfica 1:Valores límite del índice WBGT (ISO 7243). (Gráfica obtenida del documento NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico. Índice WBGT.)

TABLAS y ESQUEMAS

Tabla 1: Clasificación de las PEMP según UNE-EN 280

Tabla 2: Tipos de Plataformas PEMP según UNE-EN 280

Tabla 3: cálculo de valor M basado en la posición y movimiento del cuerpo. (Tabla obtenida del documento NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico. Índice WBGT.)

Tabla 4: Estimación de nivel de riesgo combinando probabilidad estimada y consecuencias. (Tabla obtenida de del documento llamado Evaluación de Riesgos Laborales del INSST, enlace web: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.insst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d)

Tabla 5: acción sugerida según el nivel de riesgo obtenido en la tabla anterior. (Tabla obtenida de del documento llamado Evaluación de Riesgos Laborales del INSST, cuyo enlace web es: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.insst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d)

Esquema 1: diferentes tipos de PEMP (imagen del documento divulgativo denominado Condiciones de Seguridad y Salud exigible a la maquinaria de obra: “Plataformas Elevadoras Móviles de Personal”.

Esquema 2: proceso de Gestión del riesgo. (Esquema obtenido de del documento llamado Evaluación de Riesgos Laborales del INSST, cuyo enlace web es: chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.insst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d)

FOTOS

Imagen 1: instalación de planta macrofotovoltaica (imagen obtenida de la página web <https://landatusolar.com/alternativa-macro-plantas-solares-campos-energia-solar-flotante/>)

Imagen 2: Instalación de placas sobre cubierta. Barandillas de seguridad.(Imagen obtenida de la página web <https://escayolasbedmar.com/productos/sistemas-para-cubiertas-y-fachadas/claraboyas-y-lucernarios/>)

Imagen 3: placas fotovoltaicas sobre tejados de naves industriales (Imagen obtenida de la página web <https://www.ambgreenpower.com/autoconsumo-fotovoltaico-industrial/>)

Imagen 4: placas fotovoltaicas sobre tejados de vivienda (Imagen obtenida de la página web <https://www.proalt.es/proalt-en-instalaciones-fotovoltaicas/>)

Imagen 5: instalación en una fachada usando plataforma elevadora. (Imagen obtenida de la página web <https://maximdomenech.es/maquinaria-tv/tipos-de-plataformas-elevadoras-elegir-adecuada/>)

Imagen 6: tipos de escaleras de mano. (Imagen obtenida de la página web <https://www.ferreteriaprincipat.com/prevencion-de-accidentes-con-escaleras-de-mano/>)

Imagen 7: andamio para realizar instalación de placas fotovoltaicas sobre vivienda. (Imagen obtenida de la página web https://altrex.com/es_ES/andamios-de-aluminio/shuttle)

Imagen 8: trabajo vertical mediante cuerdas. (Imagen obtenida en la página web <https://orionseguridad.es/producto/pescante-para-trabajos-verticales/>)

Imagen 9: Sistema de pasarela con barandilla de protección. (Imagen obtenida de la página web <https://keesafety.es/barandillas-para-cubiertas/kee-walk-con-barandilla>)

Imagen 10: Sistema de pasarela con barandilla de protección a ambos lados y con puerta de acceso abatible. (Imagen obtenida de la página web <https://elytra.es/protecciones-colectivas/>)

Imagen 11: redes de protección anticaídas instalada encima de lucernarios. (Imagen obtenida en la página web <https://workprotec.com/seguridad-instalar-placas-fotovoltaicas/>)

INFORMACIÓN EN WEB

<https://energetica21.com/articulos-y-entrevistas-online-ver/el-papel-de-la-energia-fotovoltaica-sera-cada-vez-mas-estrategico-para-alcanzar-el-objetivo-que-se-ha-marcado-europa-hasta-2030>

https://altrex.com/es_ES/andamios-de-aluminio/shuttle

<https://www.cubiertasolar.es/projects/fotovoltaica-industrial/>

<https://landatusolar.com/alternativa-macro-plantas-solares-campos-energia-solar-flotante/>

<https://prevencionar.com/2017/11/12/cubiertas-fragiles-proteger-frente-al-riesgo-caida-altura-trabajos-ellas/>

https://www.isastur.com/external/seuridad/data/es/2/2_5_1.htm



8 ANEXOS

Se muestra a continuación varios modelos de fichas para realizar la evaluación de los riesgos, obtenidos del documento técnico de ERL del INSST.

Anexo B. Modelo de formato para la evaluación general de riesgos

EVALUACIÓN DE RIESGOS							Hoja 1 de 2				
Peligro Identificativo	Probabilidad			Consecuencias			Estimación del Riesgo				
	B	M	A	LD	D	ED	T	TO	M	I	IN
	1.-										
	2.-										
	3.-										
	4.-										
	5.-										
	6.-										
	7.-										
	8.-										

Para los riesgos estimados M, I, IN, y utilizando el mismo número de identificación de peligro, completar la tabla:

Peligro Nº	Medias de control	Procedimiento de trabajo	Información	Formación	¿Riesgo Controlado?	
					Sí	No

Si el riesgo no está controlado, completar la siguiente tabla:

Evaluación realizada por:	Firma:	Fecha:
Plan de acción realizado por:	Firma:	Fecha:
FECHA PRÓXIMA EVALUACIÓN:		