**FORMATO PARA EL DESARROLLO DE COMPONENTE FORMATIVO**

|  |  |
| --- | --- |
| PROGRAMA DE FORMACIÓN | Aplicación de técnicas industriales para el secado de madera |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| COMPETENCIA | 220103062 Secar madera de acuerdo con procedimientos técnicos y normativa. | RESULTADOS DE APRENDIZAJE | 220103062-02 Secar madera con procesos industriales teniendo en cuenta criterios técnicos, normas de seguridad y ambientales. |

|  |  |
| --- | --- |
| NÚMERO DEL COMPONENTE FORMATIVO | CF002 |
| NOMBRE DEL COMPONENTE FORMATIVO | Proceso de secado industrial de la madera |
| BREVE DESCRIPCIÓN | La madera, un material que absorbe o pierde agua según condiciones ambientales donde esté la pieza, esta humedad resulta potencialmente dañina, causa pudrimiento, aparición de hongos, ataque de insectos, acabando en deterioro. Considerar los métodos de secado industrial, dependiendo de la especie, el clima y el producto final, permitirá controlar la humedad, ventilación y temperatura con los programas de secado. |
| PALABRAS CLAVE | secado en horno, operación de secado, agua en la madera |

|  |  |
| --- | --- |
| ÁREA OCUPACIONAL | Explotación primaria y extractiva |
| IDIOMA | Español |

1. **Tabla de contenidos**

**Introducción**

**1. Equipos, herramientas e instrumentos de secado industrial**

1.1. Cámaras

1.2. Xilohigrómetro

1.3. Gravimétricos

**2. Manuales técnicos**

2.1. Tipos de programa

2.2. Técnicas de operación y variables de secado

2.3. Procedimientos de almacenamiento

**3. Normativa ambiental**

3.1. Emisión de gases

1. **Desarrollo de contenidos**

**Introducción**

Bienvenido al componente formativo **Proceso de secado industrial de la madera**. Durante su lectura, encontrará diversas temáticas con aspectos básicos y fundamentales que se deben tener en cuenta al momento del secado industrial de la madera dependiendo de la especie. A continuación, conocerá un poco más de este componente formativo por medio del siguiente video:



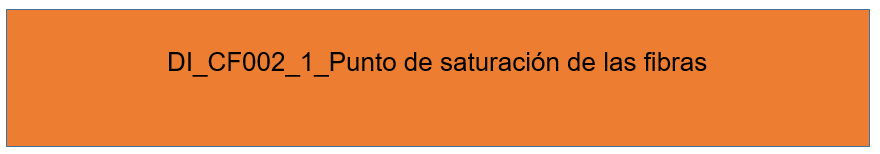
Para la elaboración de este componente, se abordaron varios autores conocidos en **proceso de secado industrial de la madera**, de quienes se han citado y referenciado conceptos y ejemplos para los fines educativos de esta materia, en el entendido de que el conocimiento es social y, por lo tanto, es para ser usado por quienes necesitan adquirirlo. Se espera que este documento sea útil para todos aquellos, aprendices y lectores en general, que estén interesados en acercarse a asuntos básicos de **técnicas industriales para el secado de madera**.

**1. Equipos, herramientas e instrumentos de secado industrial**

Cuando se desea escoger un proceso de secado de madera es importante conocer el contenido de humedad de la pieza y su densidad, por tanto, es importante ahondar en estos dos aspectos.

En la madera, el agua se puede encontrar en los vasos y en las paredes celulares; cuando ocurre el proceso de secado en los hornos, el agua contenida en los vasos es extraída totalmente; en este momento es cuando la madera empieza a perder el agua concentrada en las paredes celulares, y a ese instante se le denomina punto de saturación de las fibras. (Del Valle, 2019).

En la siguiente figura, se puede identificar el contenido de humedad en el que las fibras de la madera están.



El agua en la madera puede encontrarse de tres formas:

* Agua libre: Es el agua que es más fácil de extraer de la madera, pues es aquella que está almacenada en las cavidades de las células.
* Agua higroscópica: Esta agua se encuentra en las paredes de las células, por tanto, para realizar su extracción, se requiere de más energía.
* Agua de constitución: El agua de constitución hace parte de la estructura molecular de la madera y la única forma de extraerla es mediante el proceso de combustión de la madera.

Cuando se realiza el proceso de secado, la madera empieza perdiendo toda el agua libre almacenada. Cuando llega a perder toda el agua, se conoce como punto de saturación de las fibras (PSF). Posteriormente, se debe aplicar más energía para poder extraer parte del agua higroscópica y así completar el proceso de secado, llegando a un contenido de humedad de equilibrio (CHE) con la humedad relativa del aire.

La densidad en la madera es variable. Es posible encontrar maderas duras y blandas; en el caso de las maderas duras y pesadas, lleva más tiempo el proceso de secado y estas son más propensas a presentar defectos. Durante el proceso de secado, la madera va perdiendo el agua almacenada en su interior y, por ende, su peso y su volumen, aunque no de manera considerable. Como la densidad es una relación entre la masa y el volumen de la pieza de madera, entonces se puede decir que varía según el peso que se registre en estado la madera: húmeda, a medio secar o seca. (Arango, 1990)

A fin de comprender el proceso que sufre la madera en el secado industrial, es necesario que conozca aquellos equipos y procedimientos que se utilizan para determinar el contenido de humedad.

* 1. **Cámaras**

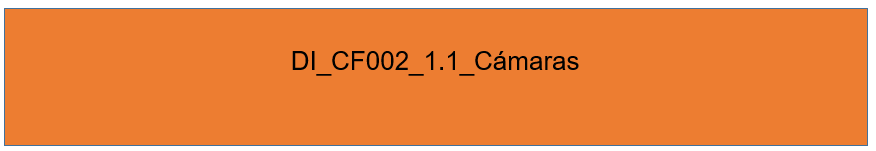
Antes de examinar qué son las cámaras de secado, es preciso subrayar que el proceso aplicado debe cumplir los siguientes requerimientos generales:

* El contenido final de humedad de la madera seca debe corresponder a la humedad de equilibrio del ambiente donde se utilizará la madera.
* Las variaciones de humedad entre las diferentes piezas de madera deben ser lo más pequeñas posibles, es decir, debe haber homogeneidad.
* El proceso de secado no debe causar defectos de ninguna clase.
* El secado debe ser lo más rápido y económico posible.

Considerando lo anterior, verá qué son las cámaras u hornos de secado.

Cámaras de secado son cuartos herméticos provistos con un sistema de calefacción que habitualmente se trata de radiadores, ventiladores, ventilas, equipo de humidificación y equipos para controlar el clima en el secado. Dentro de esta instalación, se pueden controlar la temperatura y la humedad relativa del aire que circula a través de la madera. El clima artificial permite el secado de la madera hasta el contenido de humedad final deseada. (Arbeláez y Feria, 2003)

Vea en la siguiente figura una cámara de secado y algunas de sus partes.



El secado convencional también se conoce como secado con intercambio de aire húmedo y aire seco, y se efectúa cuando el aire que está en el interior de la cámara es calentado y obligado a circular por medio de ventiladores, para que así este pase a través de la pila de madera, absorbiendo la humedad de la madera. El aire, una vez que se encuentre saturado de agua, debe ser extraído de la cámara, para introducir aire fresco con menor humedad, y continuar con el proceso.

Existen otros métodos para secar madera de manera artificial, entre los cuales se destacan: secado por radiofrecuencia, secado solar, secado al vacío, secado por deshumidificación, secado a altas o bajas temperaturas, al aire con circulación de aire forzado (abanicos portátiles), al aire y secado convencional, radiaciones de ultrasonido, infrarrojo, microondas, entre otros. (Muñoz-Acosta, 2012)

Hay que mencionar que las instalaciones para secar madera deben tener un buen aislamiento térmico, ser de construcción hermética, fabricarse de materiales resistentes a la corrosión y elevadas temperaturas, y disponer de puertas de fácil manejo y cierre hermético, así como estar provistas de un sistema de humectación para las piezas de madera, También deben poseer un drenaje interior para la evacuación del agua eliminada durante el secado, producto de la evaporación del agua de la madera y/o de los tratamientos humectantes.

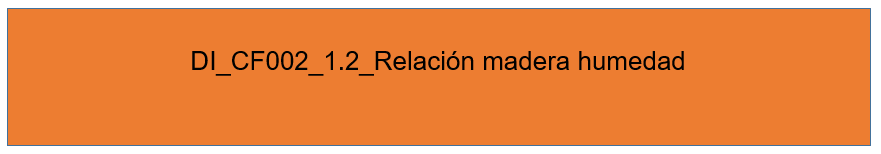
* 1. **Xilohigrómetro**

Es primordial, en los procesos de industrialización de la madera, conocer el porcentaje de humedad contenido en las piezas, ya que la madera es un material higroscópico, que gana o pierde humedad con el ambiente hasta llegar a un punto de equilibrio. La medición del contenido de humedad se puede realizar por varios métodos, uno de ellos son los denominados eléctricos, que tienen su asiento en las diferentes propiedades eléctricas tanto de la madera seca como de la madera húmeda. Si bien existen otros, los métodos eléctricos más utilizados son los que se basan en la resistencia que ofrece la madera al paso de una corriente eléctrica continua, siendo uno de los más empleados.

Los xilohigrómetros, como su nombre lo indica (*xilo* = madera; *higrómetro* = medidor de humedad), son dispositivos que permiten medir la humedad en la madera, y por tanto, son necesarios y piezas útiles al momento de garantizar el proceso de secado, para obtener un producto de buena calidad; su uso es indispensable, no sólo durante el proceso de secado, sino durante su almacenamiento y transformación, pues la humedad varía en todas estas etapas.

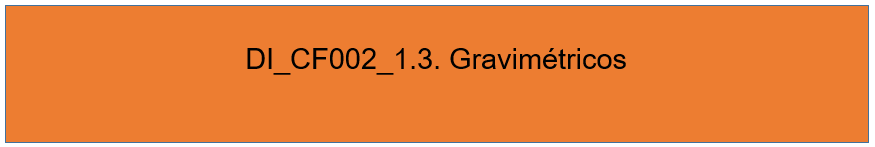
Estos instrumentos se emplean hoy en día con mucho éxito, ya que efectúan mediciones rápidas y fáciles de la cantidad de humedad en la pieza, esa humedad representada en cantidad de agua que contiene la madera, tanto en los vasos, denominada agua libre, como en las paredes celulares, denominada agua de saturación. En pocas palabras, ayudan a determinar si la madera está verde o seca.

Observe la forma cómo se mide la humedad en la madera aserrada con ayuda de un xilohigrómetro.



**1.3. Gravimétricos**

Como se ha mencionado, la madera obtendrá estabilidad dimensional cuando su contenido de humedad (CH) alcance un equilibrio con el contenido de humedad del ambiente. El método gravimétrico, al igual que el eléctrico, es comúnmente utilizado para conocer el contenido de humedad en las piezas de madera, también se conoce con el nombre de secado en estufa, es un método avalado científicamente para conocer el agua contenida en la madera.



Comprendido el método gravimétrico, es importante conocer, a manera de ejemplo, el uso de las fórmulas que se necesitan para medir el contenido de humedad en la madera.



1. **Manuales técnicos**

Los manuales técnicos de operación de secado tienen la finalidad de proporcionar al operador de los hornos o cámaras de secado las pautas de configuración y la lógica con la que se debe desarrollar el proceso.

Cada equipo debe tener un manual técnico, sin embargo, a manera general, con todos los procesos es indispensable revisar los siguientes pasos.

1. Verificar la cámara de secado: una vez inicie el proceso de secado, es difícil identificar ciertas condiciones, como lo es la humidificación, la cual sufre al taponarse los aspersores. Por tanto, es necesario revisar válvulas de ingreso de agua, la disposición de combustible, funcionamiento de ventiladores y de la caldera, comprobar la conexión de los sensores de humedad y comprobar el cierre hermético de las puertas del horno.
2. Durante el secado: el operador deberá conocer la especie y carga de madera a secar, por tanto, debe encender el horno y operar el controlador, el cual puede ser operado de forma automática, semiautomática o manual. Este proceso, con el fin de conservar las condiciones climáticas adecuadas para el secado de la carga, deberá estar atento a cualquier incremento de temperatura y humedad en la cámara de secado y, pasado un tiempo, debe supervisar si han aparecido defectos en la madera, esto lo hace realizando ingresos periódicos a la cámara de secado, donde verificará el proceso.
   1. **Tipos de programa**

Los programas de secado consisten en una serie de instrucciones que, por medio de las muestras o tablas de control, permiten supervisar el avance del proceso dentro de la cámara. El programa de secado se encarga de controlar, dentro de la cámara, las condiciones básicas de contenido de humedad de la madera, la temperatura máxima permisible y la humedad relativa (HR) del aire.

Para una correcta elección del programa de secado de la madera, se deben tener en cuenta ciertas variables, como son: la especie de madera a secar, el espesor de las piezas a secar y el contenido de humedad inicial de la madera. Por lo general, los hornos emplean maderas europeas y africanas como referencia en sus programas. Para aquellas especies que no aparecen en los programas preestablecidos del horno, es necesario que el operador confronte la información de densidad de las maderas europeas o africanas con aquellas nacionales que se deseen secar (CITEmadera, 2009).

Cuando la madera ha sido clasificada, apilada y está lista para el proceso de secado, es posible elegir entre alguno de los siguientes programas:

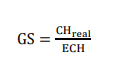
• **Fuerte o acelerado:** Secado rápido a temperaturas altas, de 50ºC a 70ºC. Se usa para maderas con poca tendencia a defectos, sin inclusiones y espesores menores (de ¾” a 1”). Permite temperaturas altas y humedades relativas bajas, con cambios fuertes y frecuentes. Se utiliza para las maderas latifoliadas de secado fácil, de baja densidad, como el caracolí, el carbonero y la ceiba bonga.

• **Suave o lento:** Secado lento a temperaturas bajas (40ºC a 60ºC). Se usa para maderas de difícil secado,

con tendencia a defectos y con inclusiones. Ejemplos: el güino, el sajo y la sangre de toro.

• **Moderado:** Programa intermedio entre los dos anteriores, a una temperatura de 45ºC a 65ºC, requiere temperaturas bajas, humedades relativas altas y mayores tiempos en cada paso del programa: se utiliza para maderas latifoliadas duras, de alta densidad, que son más difíciles de secar, como el tangare, el dormilón y el pantano. (Arango, 1990)

El gradiente del secado (GS) es un valor que beneficia el manejo de los programas del secado, pues indica la intensidad del secado de la madera, ya que en cualquier momento del secado artificial existen dos valores del contenido de humedad, los cuales son el contenido de humedad real de la madera en un determinado momento y el contenido de humedad de equilibrio, hacia el cual tiende la madera de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad relativa fijadas dentro del secadero. La relación entre estos dos valores se denomina gradiente de secado y se expresa con la siguiente fórmula.



Donde:

GS = Gradiente de secado

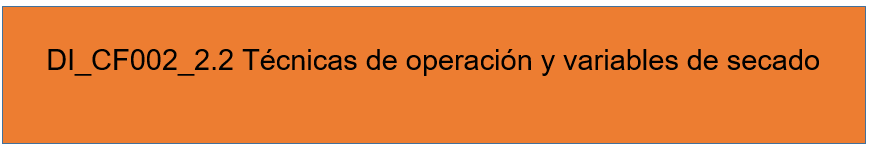
CHreal= Contenido de humedad real de la madera

ECH= Contenido de humedad de equilibrio.

Dependiendo de la especie y el espesor, el GS puede variar entre 1,5 y 4,5. Si es muy bajo, el tiempo de secado se prolongará innecesariamente; si es demasiado alto, el secado se acelerará, pero pueden generarse diferencias grandes de CH en el perfil transversal de la madera, lo que ocasiona un endurecimiento superficial y la aparición de grietas internas en los extremos de las piezas.

* 1. **Técnicas de operación y variables de secado**

El inicio de las operaciones en un proceso de secado comienza con la elección del programa de secado, de acuerdo con las características de especie, espesor y contenido de humedad inicial; posteriormente, se debe cumplir con el siguiente proceso:



**Variables del secado**

Las variables de control del secado determinan el tiempo y la forma de secado dentro de la cámara. La verificación de las sondas de temperatura, humedad relativa, humedad de equilibrio higroscópico, gradiente de secado y contenido de humedad final de la madera debe ser una práctica permanente y minuciosa. La cantidad de variables de control se modifica dependiendo del fabricante del horno. Durante los procesos, es recomendable disponer de instrumentos o sistemas que permitan la calibración periódica de las sondas de medición, para garantizar la calidad del producto.

En el siguiente video, se puede conocer un ejemplo de cómo funciona en una empresa real el controlador de secado de madera

Video de apoyo: <https://www.marrari.com.br/es/produto/controlador-de-secado-de-madera-new-easy/>

* 1. **Procedimientos de almacenamiento**

Cuando la madera ha pasado por el proceso de secado y es extraída del horno, debe ser apilada nuevamente y estará disponible para su uso. El proceso de almacenamiento se debe efectuar en un lugar bajo techo, cerrado y que disponga de buena ventilación, ya que, si es apilada en un sitio cerrado, la variación de la humedad será mínima. Si el apilado se da por varios meses, es recomendable tener las piezas en un lugar donde se pueda controlar la humedad de equilibrio, de lo contrario, se presentará variación en la pila dependiendo del lugar, por ejemplo, en sitios secos, perderá humedad, y en lugares húmedos, aumentará el nivel de agua en las piezas.

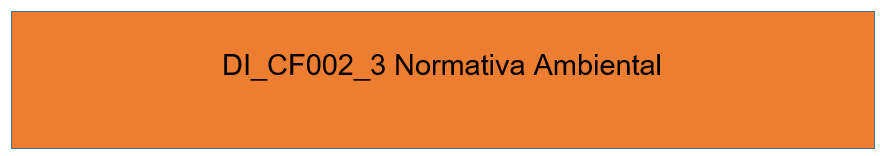
El apilamiento debe realizarse de manera horizontal, con separadores para evitar acumulación de humedad, debe cubrirse con un plástico y verificar constantemente la humedad y que no sea atacada por insectos.

1. **Normativa ambiental**

En toda labor que se efectúe durante el secado de la madera, es importante aplicar buenas prácticas, que favorezcan el medio ambiente y que permitan un crecimiento sostenible de la actividad maderera.

Es primordial que la madera adquirida sea legal y tenga los permisos exigidos, como se indica en el Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, pues esto garantiza la protección de los bosques naturales y la preservación de muchos ecosistemas asociados a las especies. Cuando esta actividad no se realiza de manera sostenida, el impacto ambiental que se crea es grande, pues la demanda del recurso es mayor y el proceso de crecimiento de algunas especies es lento.

Conozca algunas actividades que pueden ayudar a mejorar el ambiente sin modificar los procesos.

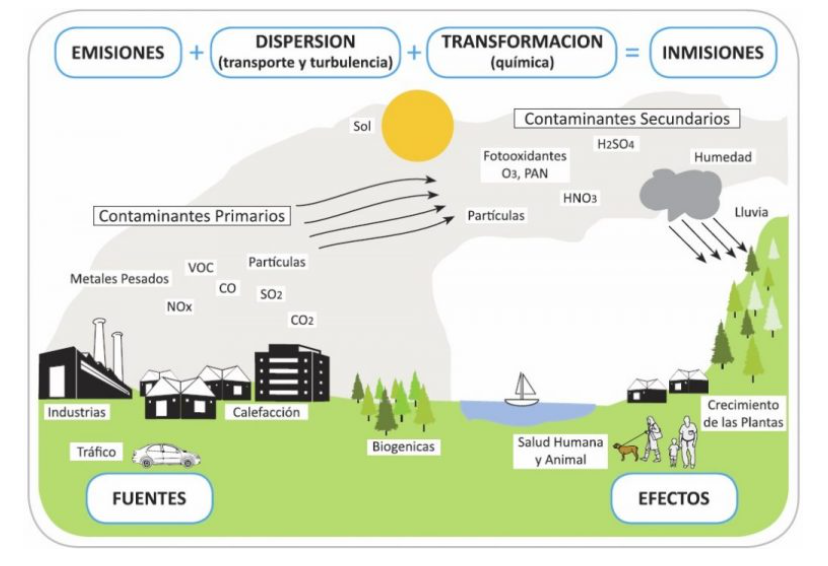


* 1. **Emisión de gases**

Poder garantizar una producción lo más sostenible posible y que pueda tener el menor impacto ambiental es el objetivo de la normatividad ambiental. Cuando se habla de contaminación atmosférica, se refiere a la presencia en el aire de pequeñas partículas o productos secundarios gaseosos que pueden implicar riesgo o daño a los seres vivos expuestos a dicho ambiente.

.

Por ejemplo, la norma de calidad del aire ambiente es la  [Resolución 2254 de 2017](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf), la cual establece los niveles máximos permisibles de contaminantes criterio: material particulado (PM10 y PM2.5), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2), ozono troposférico (O3) y monóxido de carbono (CO). (IDEAM-SIAC, s. f.)



Fuente: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/contaminacion-atmosferica/>

1. **Actividades didácticas (opcionales si son sugeridas)**

|  |  |
| --- | --- |
| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD DIDÁCTICA | |
| Nombre de la Actividad | Descubre el complemento. |
| Objetivo de la actividad | Reconocer algunos términos, técnicas y equipos utilizados en el proceso de secado industrial de la madera. |
| Tipo de actividad sugerida |  |
| Archivo de la actividad  (Anexo donde se describe la actividad propuesta) | <https://docs.google.com/document/d/1UuAJo6crn__rYXbDQ93iYPyDBlsHE3Ro/edit> |

1. **Material complementario**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tema | Referencia APA del Material | Tipo de material  (Video, capítulo de libro, artículo, otro) | Enlace del Recurso o  Archivo del documento o material |
| Xilohigrómetro | Rojas, M. (s. f.). *El Xilohigrómetro: Un Guardián para la Industria Maderera*. Revista El Mueble y la Madera. <https://docplayer.es/21281087-El-xilohigrometro-para-el-adecuado-uso-industrial-un-guardian-para-la-industria-maderera-equipos.html> | Artículo | <https://docplayer.es/21281087-El-xilohigrometro-para-el-adecuado-uso-industrial-un-guardian-para-la-industria-maderera-equipos.html> |
| Técnicas de operación y Variables de secado. | AITIM. (s. f.). *Normas de seguridad en el secado artificial de la madera*. Infomadera.net. <https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_312_16238.pdf> | Artículo | <https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_312_16238.pdf> |
| Normatividad ambiental | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – CARDER. (2014). *Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia*.  <https://www.corpamag.gov.co/archivos/InfoAmbiental/Cartilla_Pacto_Madera_Legal_3a_edicion_2014.pdf> | Cartilla | <https://www.corpamag.gov.co/archivos/InfoAmbiental/Cartilla_Pacto_Madera_Legal_3a_edicion_2014.pdf> |

1. **Glosario**

|  |  |
| --- | --- |
| TÉRMINO | SIGNIFICADO |
| Aspecto ambiental | Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente. Por ejemplo, “vertidos industriales a la red de saneamiento”. (Asociación Española para la Calidad, s. f.) |
| Gravimétrico | Es un método analítico cuantitativo, es decir, que determina la cantidad de sustancia midiendo el peso de la misma con una balanza analítica y sin llevar a cabo el análisis por volatilización. (Quimitube, 2014) |
| Higroscópico | Sustancia capaz de absorber humedad del medio. Gracias a esta propiedad, las sustancias higroscópicas se utilizan como desecantes, ya que absorben el agua de otros compuestos. (Vadequimica, 2019) |
| Humedad relativa | Es como describimos cuánta humedad hay en el aire frente a la cantidad máxima que el aire puede contener a una temperatura determinada. (QUEST, s. f.) |
| Latifoliadas | Árboles de maderas preciosas o de color, generalmente de hoja ancha. (Infojardin, 2020) |
| Muestra de control | Parte o cantidad pequeña de una cosa que se considera representativa del total y que se toma o se separa de ella con ciertos métodos, para someterla a estudio, análisis o experimentación. (Significados.com, 2016) |
| Probeta | Es una pieza (generalmente de dimensiones normalizadas) constituida por un determinado material, cuyas características se desean estudiar. (Wikipedia, 2020) |
| Residuo peligroso | El Decreto 4741 de 2005, unificado en el año 2015 en el Título 6 del Decreto 1076, define los residuos peligrosos como aquellos residuos o desechos que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, pueden causar riesgos, daños o efectos no deseados, directos o indirectos, a la salud humana y el ambiente. Asimismo, se considera residuo peligroso a los empaques, envases y embalajes que estuvieron en contacto con ellos. (IDEAM-SIAC, s. f.) |

1. **Referencias bibliográficas**

Arango, A. (1990). *Secado de la madera*. SENA. <https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4888/1/Secado_madera.pdf>

Arbeláez, J. y Feria, V. (2003). *Diseño y construcción de una cámara para el secado de la madera*. Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0010740.pdf>

Centro de Innovación Tecnológico de la Madera [CITEmadera]. (2009). *Guía de Contenidos “Técnicas de Secado de la Madera”*.

Del Valle, H. (2019). *5 fases del secado de madera industrial que debes conocer*. Maquinaria y Maderas. <https://maquinariaymaderas.com/secado-de-madera-industrial/>

IDEAM-SIAC. (s. f.). *Calidad de Aire*. SIAC. <http://www.siac.gov.co/calidadaire>

Muñoz-Acosta, F. (2012). Serie: Madera para construcción Secado de la madera aserrada. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, *5*(13), p. 58–63. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/477>

Paredes, C. (2014). *Guía práctica para el secado de madera en hornos*. SERFOR.

1. **Control del documento**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Nombre | Cargo | Dependencia | Fecha |
| Autor(es) | Erika Barrera Montañez | Instructora | Regional Norte de Santander, centro para el desarrollo rural y minero CEDRUM | Noviembre 2021 |
| Rafael Neftalí Lizcano Reyes | Asesor pedagógico | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura. Regional Santander. | Noviembre 2021 |
| Beatriz Eugenia Agudelo Vásquez | Diseñadora instruccional | Centro de Gestión Industrial Regional Distrito Capital. | Noviembre 2021 |
| Carolina Coca Salazar | Revisora Metodológica | Regional Distrito Capital- Centro de Diseño y Metrología | Noviembre 2021 |
| Darío González | Corrección de estilo | Regional Tolima – Centro Agropecuario La Granja | Diciembre 2021 |

1. **Control de cambios**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Nombre | Cargo | Dependencia | Fecha | Razón del cambio |
| Autor(es) |  |  |  |  |  |