



**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DESAN NICOLAS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍA DE LA MADERA**

***“EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SOBRE  
LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE  
PRESERVACIÓN EN POSTES TELEFÓNICOS DE  
MADERA DE PINO”***

**TESINA PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA**

**PRESENTA:**

**JOSÉ LUIS ARROYO NAVARRO**

**ASESOR:**

**M. EN C. SALVADOR BOCANEGRA OJEDA**

**Morelia, Michoacán, Agosto del 2011.**

## **DEDICATORIA.**

A mis padres, porque a pesar de las circunstancias, hicieron posible que asistiera a la Universidad.

A mi esposa Rebeca y mis hijos Gabriela y José Luis, por su apoyo y persistencia para lograr este objetivo.

111111 11L 11111111 11 1U 11A 11R LA 11111111A  
 11L 1R 1111 11 1R 11R 1A 11 11 1111 11L 11111111  
 11 1A 11RA 11 1111

## INDICE

11GA

1111 11 11GURA 1 1LU 11RA 111111	1
1111 11 11UA 1R 11	1
1 11R 11U 1111 1	1
1 1A 11111111111111	1
1 11J 11111	11
1 1AR 11 1R 11R 1111A	11
1 1A 11R 1AL 11 1 11111111	11
1 1R 11UL 1A 1111 1 A 11L 1111	11
1 1111U 1111 1	11
1 1111LU 11111111	11
1 1R 1111 1111A 111111	11
11 11L 11GRA 11A	11
11 1A 1111111111	11

## ÍNDICE DE ÍTEMOS

PÁGINA

- **ÍTEM 1**. Puerta de cilindro de tratamiento con cubierta térmica, capacidad individual de 10 m<sup>3</sup>, Impregnadora Las Higas de Rafael Ramírez S.A. 10
- **ÍTEM 2**. Vista parcial de los cilindros de tratamiento en Impregnadora Las Higas de Rafael Ramírez S.A. 10
- **ÍTEM 3**. Vista parcial del área de impregnación de una planta de tratamiento de maderas, Impregnadora Las Higas de Rafael Ramírez S.A. 10
- **ÍTEM 4**. Conjunto de válvulas y equipo para el traslado y movilidad de líquidos impregnantes de maderas, Impregnadora Las Higas de Rafael Ramírez S.A. 10
- **ÍTEM 5**. tubería y válvulas para la distribución de la creosota en los diferentes tanques, Impregnadora Las Higas de Rafael Ramírez S.A. 10
- **ÍTEM 6**. El Ciclonik; tiene las funciones de una caldera con la capacidad de calentar aceite térmico de alta temperatura. Las Higas de Rafael Ramírez S.A. 10
- **ÍTEM 7**. Aparatos de medición que indican el progreso del tratamiento: termómetros, manómetros, vacuómetros y gráficos presión-tiempo. Impregnadora Elchor S.A. 10
- **ÍTEM 8**. Bucle de inyección de creosota a una carga de postes de 100 para lograr una retención de 100 g/m<sup>3</sup> según ejemplo. 10 g/100 kilogramos de retención 100 g/m<sup>3</sup>, 10.0 peso específico de la creosota. 10
- **ÍTEM 9**. Diagrama del proceso de impregnación de maderas Loory. 10

- **OBJETIVO** 01. 01 Prueba para determinar el contenido de humedad. Planta de impregnación de las vigas de Raíl del Ramillete, Ser. 01
  
- **OBJETIVO** 02. Gusanismos de madera de pino en la planta de impregnación de maderas de Serote, Ser. 02
  
- **OBJETIVO** 03. Prueba para determinar la retención del preservante. Planta de impregnación de las vigas de Raíl del Ramillete, Ser. 03
  
- **OBJETIVO** 04. Gusanismos de madera de pino impregnado en la planta de impregnación de maderas de Serote, Ser. 04
  
- **OBJETIVO** 05. Relación entre retención y contenido de humedad de las muestras de prueba. 05
  
- **OBJETIVO** 06. Relación entre contenido de humedad y penetración del impregnante. 06
  
- **OBJETIVO** 07. Relación entre contenido de humedad y retención del impregnante. 07

## ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO

- **CUADRO** Contenido de humedad, retención y penetración del preservante de las cargas de madera para poste telegráfico de 1.00m, en la planta de impregnación de maderas de cerote, Perú. 11
- **CUADRO** Tabla de extracción de muestras cilindro “A”, en la planta de impregnación de maderas de cerote Perú. 12
- **CUADRO** Tabla de extracción de muestras cilindro “B”, en la planta de impregnación de maderas de cerote Perú. 13

## 1. INTRODUCCIÓN

La madera fue de los primeros materiales empleados por el hombre en la construcción de chozas, templos, utensilios de trabajo y como armas para defenderse de sus enemigos (*Erdoiza, 1989*).

Dentro de la industria de la preservación, las gimnospermas o coníferas son las de mayor uso, por la forma natural, altura, esbeltez, disponibilidad y gran resistencia mecánica, resultan particularmente adecuadas para la fabricación de postes (*C.F.E. – LAPEM, 1986*).

Los postes deben ser de madera compacta, sana y prácticamente sin defectos apreciables. Obtenidos de árboles vivos, sanos y derechos, de poca conicidad, con una resistencia a la tracción de la fibra de  $1000 \text{ kg/cm}^2$  y una carga de ruptura mínima de  $1000 \text{ kg}$ . (*TELMEX, 1986*).

El contenido de humedad de la madera influye de manera directa en su durabilidad y resistencia, por tal motivo el presente trabajo pretende cuantificar el efecto del contenido de humedad de la madera en la dispersión penetración y retención del preservante en la masa de madera, partiendo de la base de un año de producción industrial de postes preservados con creosota.

El proceso Logry de preservación de maderas, precisa para su aplicación de contenidos de humedad de 20 a 30%, considerando su peso anhidro. A mayor humedad en la madera mayor susceptibilidad de deterioro (*Cruz, 2006*). Las condiciones de humedad óptimas de una pieza de madera son aquellas en las que ésta se encuentra en equilibrio con el medio ambiente que le rodea.

La utilización de madera preservada disminuye la presión ejercida sobre el bosque y los costos adicionales que su tratamiento implica se ven plenamente justificados al prolongar varias veces la vida útil (*JUNAC, 1988*).

Reservar los postes de madera de pino sin duda genera un gasto extra entre los consumidores, pues se incrementa en aproximadamente un 20% el valor del producto, pero comparado este con el beneficio de un poste tratado a presión por medio de aceites oleosolubles, incrementa en aproximadamente 100 veces más su vida útil, respecto al no tratado, vistos estos aspectos podemos afirmar categóricamente que este proceso es económicamente rentable (*Domínguez, 1992*).

Estos costos adicionales están plenamente justificados. El ambientalista tal vez vea la preservación como el significado de reducir nuestra demanda para reemplazar la madera, aparte de conservar nuestros bosques (*Richardson, 1978*).

Es importante mencionar que la preservación de maderas no es tema que se enseña en escuelas secundarias o preparatorias (*OSMOSE, 1967*) y solamente algunos programas educativos a nivel universitario incluyen éste tipo de asignaturas, es ésta la razón por la cual el ciudadano promedio espera que sea el Ingeniero quien le haga saber lo relativo a la “Preservación de Maderas” pero desafortunadamente a veces los ingenieros, no han tenido la oportunidad de profundizar sobre esta materia, si no ha sido a través de la experiencia propia y ajena como se han enterado que existen varios procesos para la preservación de maderas. Esto ha dado como resultado una gran confusión y mala información sobre el tema de los preservadores existentes, así como su tipo de aplicación (*OSMOSE, Op cit.*).

La preservación de maderas debe ser un tema de interés permanente entre quienes de alguna manera tienen relación directa con los recursos forestales maderables. Lograr la conservación de la madera, sobre todo de aquella expuesta en mayor grado al medio ambiente, es tarea de todos los profesionistas forestales del país, pero en particular de esta facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, y de esta manera introducimos en una nueva “Cultura de la Conservación”, que es el reclamo generalizado de la sociedad.

Los ejemplos más notables de aumento de duración mediante tratamiento los ofrecen los postes de madera expuestos a los ataques más duros de los agentes destructores de la madera. Así a lo largo del Golfo de México se observa que postes no tratados son destruidos por los perforadores marinos en un año o menos, mientras que la duración media de un poste totalmente creosotado y colocado en los mismos sitios se calcula entre 10 y 15 años (*Hunt y Garratt, 1952*).

Considerando el factor medio ambiente, tenemos que, los bosques comerciales actuales aportan entre 1 y 2 toneladas de madera por hectárea al año, liberando alrededor de 1 toneladas de oxígeno en la atmósfera de la tierra, a la vez que consumen alrededor de 10 toneladas de dióxido de carbono (*SouthernForestProductsAssociation, 1990*).



□in madera tratada a presi□n, nuestro planeta necesitar□a anualmente una cantidad adicional de □□□ millones de □boles aptos para su explotaci□n con el □n de reponer los productos de madera que se pudren o que est□n in□estados (*Southern Forest Products Association, Op Cit.*). □sto no sucede porque la vida □til de la madera preservada puesta en servicio se incrementa de tal manera que las necesidades sociales y comerciales, disminuyen.

## 1. AQUECEDETE

La madera es un material higroscópico ya que tiene la propiedad de aumentar o disminuir su contenido de humedad en relación directa con los cambios de humedad relativa y es anisotrópica por que sus cambios dimensionales son diferentes según sea la dirección tangencial, radial o longitudinal. Sus propiedades son afectadas debido a cambios en su contenido de humedad. Conocer y entender los parámetros de humedad es importante en los procesos de secado e impregnación para obtener una materia prima de calidad en la elaboración de productos. (*Tamarit-Urias y Fuentes-Salinas, 2003*).

Principalmente el contenido de humedad al momento del tratamiento de preservación y la cantidad de extractivos presentes en una especie maderable tienen una marcada influencia sobre la susceptibilidad de impregnación ya que determinan los niveles de absorción, retención y penetración del preservador en la madera. (*Tamarit-Urias y Fuentes-Salinas, Op Cit.*).

Las maderas más expuestas al deterioro son aquellas que prestan servicio a la intemperie, en contacto con el suelo o con el agua o colocadas en ambientes saturados de humedad y a temperaturas elevadas. En tales casos, éstas deben ser muy bien protegidas, con cantidades suficientes de preservante y penetración profunda, lo cual se obtiene mediante el uso de métodos a vacío y presión. (*Tecnologías Limpias, 2003*).

Se idearon desde tiempos remotos diversos procedimientos para aumentar todo lo posible la duración de las maderas. Varios escritores griegos y romanos refieren que el aceite de oliva, así como los procedentes del cedro (*Cedrela*), del alerce (*Larix*) del enebro (*Juniperus*) y de la valeriana (*Valeriana officinalis*), se empleaban para preservar de la destrucción y del ataque de los insectos, los objetos de madera que tenían algún valor respecto de la célebre estatua de Diana en Éfeso, que era de madera, asegura Plinio, con relación a un testigo ocular, Placiamus, que se había impregnado con Aceite de Cardo, cuya inyección se hizo por medio de varios orificios abiertos en su base (*Oliver y Román, 1950*).

*Hunt y Garratt(1952)* mencionan que aunque no hay constancia de los primeros intentos efectuados para proteger la madera de la pudrición, es razonable suponer que consistieron simplemente en rotar o estender los productos conservadores sobre las superficies de las maderas que había que proteger, también está fuera de duda que se recurrió en fechas muy remotas a la carbonización de la superficie de la madera. El empleo de métodos de presión no se ensayó hasta principios del siglo XX, entre 1880 y 1890, Bethell, Toucherie, Burnet y Ryan creaban la historia de la preservación de la madera mediante la inyección a presión de aceites oleosolubles.

Se afirma que en la mayoría de los métodos de tratamiento, la presencia de una cantidad considerable de agua libre en las cavidades de las células puede retrasar e incluso impedir la entrada de líquido preservador (*Hunt y Garratt, 1952*).

La *JUNAC(1988)* afirma que reducir el contenido de humedad al 10-15% es, en general, una medida adecuada para la protección contra el ataque de hongos.

Se considera que el factor más importante para lograr una buena impregnación en el proceso Logry de preservación de maderas es el contar con un bajo contenido de humedad en la madera que va a someterse a un tratamiento preservador, ya que por un principio físico, dos cuerpos no pueden ocupar el mismo lugar en el espacio, por lo tanto es necesario eliminar el agua libre que se encuentra en el interior de la madera ya sea en forma natural o por procedimientos artificiales (*PIMSA, 1989*).

En general se considera suficiente que la humedad de la madera se encuentre por debajo del 10-15% pues la facilidad de impregnación aumenta al disminuir la cantidad de agua en la madera.

*Mac. Lean(1935)* considera que esto puede resultar contraproducente cuando se ha rebasado el punto óptimo, un secado excesivo puede resultar más bien un perjuicio que una ayuda. Por esto las capas superficiales de ciertas maderas que se han secado demasiado tiempo pueden hacerse más resistentes al tratamiento que en el caso normal; Este estado se llama “Endurecimiento de Caja”.

*AWPA(1989)*, afirma que los postes para sazonarse al aire, deberán entongarse hasta que su contenido de humedad, no impida la adecuada penetración y retención del preservante, los datos guía para el pino de especies mexicanas es de 3-4 meses para lograr un 10-15% de contenido de humedad.

Todo poste será secado para asegurar que el contenido de humedad de la albura, determinado utilizando un barreno de incremento y el método de secado al horno, no sea mayor al 20%. (UTE N.MA.25.02/1, 2005).

El promedio de contenido de humedad, basado sobre el peso de la madera seca o extracción de tolueno, no debe ser mayor de 20% antes de la impregnación (TELMEX, 1986).

Erdoiza y Castillo(1986) clasificaron a las maderas de pinos como susceptibles a la impregnación, haciendo hincapié en el rol que cumplen los radios en la distribución del preservante.

La protección de la madera se logra generalmente con preservadores, que son sustancias químicas que aplicadas convenientemente a la madera la hacen resistente al ataque de los hongos, insectos y perforadores marinos. El efecto protector se consigue haciendo la madera venenosa o repelente a los elementos biológicos que la atacarían si ella no estuviera tratada. (cttmadera, 2003).

Adentrándose en lo que es en sí la práctica de la preservación de maderas en instalaciones industriales que aplican métodos a presión, según (Johnston y O. Maass, 1929) deducen que la velocidad de impregnación crece proporcionalmente a la presión en la madera seca, si se va aumentando la temperatura, la velocidad de penetración crece más rápidamente. (Erickson et. al., 1938) consideran que el flujo de impregnación a través de la albura se realiza con una velocidad 100 veces mayor que a través del duramen, aunque posteriormente acepta que estos valores no pueden generalizarse (Hunt y Garratt, 1952).

Para lograr el tratamiento de la madera por métodos de presión es necesario el equipo adecuado, el cual consiste en bombas de inyección, de vacío, compresores, condensadores, aparatos de registro como manómetros, vacuómetros, termómetros, además de tuberías y válvulas para traslado de impregnantes, aire y vapor. Desde luego los cilindros de tratamiento como elemento principal, tanques de almacenamiento, calderas, malacate y vagonetas. (PIMSA, 1989).

El periodo de presión es la parte del proceso en el cual la madera y el líquido preservador, en el cilindro de tratamiento son sujetos a una presión mayor que la atmosférica con el propósito de forzar el líquido a penetrar en la madera. (CFE, 1999).

Hawley (1931) afirma que la impregnación se efectúa con movimientos discontinuos de la corriente. Así que, si se llena el primer lumen celular en un tiempo  $z$ , para llenar una segunda cavidad celular se necesitará un tiempo  $2z$ .

La retención mínima de preservador, para creosota es de  $0.004 \text{ g/cm}^3$ , determinada por extracción de tolueno (TELMEX, 1986).

La penetración se refiere a la profundidad que alcanza un preservante en la madera y se expresa en unidades de longitud, milímetros o pulgadas. La penetración del preservante depende de la especie, contenido de humedad, permeabilidad y el proceso de impregnación que se emplee (Fondo de Innovación Tecnológica, 2005).

La profundidad de penetración de los impregnantes no depende comúnmente del peso específico aparente de la madera. Mayor influencia que el peso específico la tienen entre las maderas de duramen y albura, la constitución de los vasos o de las traqueidas y la existencia de canales resiníferos. La proporción de madera de primavera tiene una gran importancia ésta es, en general, más fácil de impregnar que la de otoño (Kollman, 1959).

La penetración mínima debe ser igual al  $1/4$  de la albura medida desde la superficie lateral hacia el centro del poste. Cuando la albura tenga un espesor de  $1 \text{ cm}$  debe estar totalmente penetrada (TELMEX, 1986).

En general la Southern Forest Products Association (1990), afirma que la madera de pino tratada a presión ha sido aceptada por los principales códigos modelo de la construcción, desde hace muchos años se prefiere el pino para aquellos casos en que es necesario efectuar un tratamiento a presión con preservadores, por la facilidad con que acepta el tratamiento. Cada la singular estructura celular del pino, permite una penetración profunda y uniforme de los preservadores.

## 1. OBJETIVO

Analisar la influencia del contenido de humedad de la madera en la efectividad del proceso de impregnación de postes telegráficos, mediante la penetración y retención del preservante, utilizando el procesamiento de un ciclo anual de producción de una planta de impregnación.

## 1. ARCO DE REFERENCIA

A manera de referencia, para el propósito del presente trabajo, a continuación se presentan algunos conceptos e información relacionados con la madera, el secado y la preservación de la misma particularmente la descripción del proceso de impregnación de madera para postes telefónicos y durmientes para ferrocarril en la procesadora industrial de maderas S. A. de C. S. S.A. en la ciudad de Merote en el estado de Veracruz, desde la preparación inicial de la materia prima hasta la verificación de la calidad del tratamiento de preservación. En esta industria fue desarrollada la mayor parte del presente trabajo.

### 1.1. LA MADERA

La madera es marcadamente inerte a la acción de la mayoría de los productos químicos, por esta razón es adecuada para múltiples aplicaciones industriales donde es importante la resistencia a la desintegración por la acción de productos químicos y a la corrosión. Es sorprendentemente durable cuando se usa bajo condiciones las cuales no son deliberadamente favorables a agentes destructores. *PIMSA(1989)*.

Debido a su estructura fibrosa y a la cantidad de aire atrapado en ella, la madera tiene excelentes cualidades aislantes. Cuando la madera está seca, es mala conductora de calor y electricidad, característica usada en los postes de líneas eléctricas.

Por la forma natural, altura y esbeltez de los árboles de coníferas, así como la flexibilidad de la madera, su peso es generalmente inferior al de maderas tropicales, su agrietamiento es definitivamente inferior al que sufren otras especies de madera durante el secado, por las condiciones de su estructura celular acepta más líquido impregnante que las maderas duras, en particular resulta adecuada para la fabricación de postes ya que además es muy resistente en proporción con su peso, es un gran aislante natural, sin embargo tiene la desventaja de estar propensa al ataque de organismos que la destruyen por lo que resulta indispensable protegerla.

Entre las especies de pinos más comunes que por su abundancia se usan para fines de postes telefónicos en la industria de la preservación se encuentran las siguientes:

- *P.patula*
- *P.montezumae*
- *P.pseudostrobus*
- *P. ayacahuite*
- *P. ponderosa*
- *P.leiophylla*
- *P.michoacana*
- *P.teocote*

#### 1.1. El secado PIMSA(1989).

El principio físico de que: “Dos cuerpos no pueden ocupar un mismo espacio” encaja perfectamente en el proceso de impregnación de maderas, de tal manera que es prioritario extraer el agua excesiva alojada en los espacios intercelulares y sustituirla por una sustancia tóxica que impida el ataque de organismos destructores de la madera.

Así el secado previo de la madera es de gran importancia para su impregnación proceso que consiste en inyectar a presión una solución preservadora en la madera, pero si a la madera no se le elimina el agua que contiene en su interior, no habrá espacio para alojar la solución preservadora.

La industria de la preservación de maderas ha considerado que para lograr una buena impregnación por medio de métodos a presión, el contenido de humedad de la madera deberá ser inferior al 10%.

Para efectos de tratamiento de madera, postes y durmientes, ésta debe provenir de árboles sanos y vivos, los que en el momento de ser talados pierden la protección natural contra los agentes que la naturaleza emplea para transformar los compuestos complejos como almidones, celulosa, lignina y otros que forman los tejidos del árbol, en compuestos más simples que puedan ser aprovechados por otros organismos. Los agentes que la naturaleza emplea para la desintegración de la madera y su incorporación al suelo son mohos, hongos, insectos y perforadores marinos. Estos organismos requieren de cuatro elementos básicos para efectuar sus funciones:

- Oxígeno.
- Humedad.
- Temperatura Adecuada
- Alimento



Para prevenir el ataque de estos agentes que dañan la madera, se recomienda mantener los árboles talados en el bosque el menor tiempo posible, no más de ocho días, este tiempo depende del tipo de madera y de las condiciones climatológicas del bosque. El primer proceso será colocar a la madera en condiciones de perder humedad. Si la madera va a ser utilizada para postes se debe descortezar, si la madera va a ser utilizada para durmientes se debe aserrar e inmediatamente en ambos casos estibarla de tal forma que permita la libre circulación de aire por la mayor parte de su superficie.

## 2.1. EL PROCESO DE IMPREGNACIÓN EN MADERA

*PIMSA(1989)* Una vez revisada la documentación oficial de la materia prima forestal recibida, ésta es trasladada al área de torno. El proceso inicia precisamente en esta área donde el fuste del árbol es descortezado, torneado y arpillado de acuerdo a sus características en diámetro y longitud. El patio de secado ocupa la mayor superficie de la planta de tratamiento, aproximadamente 1000 m<sup>2</sup> de terreno abierto, libre de maleza con obras de drenaje para evitar la acumulación de humedad, de manera perpendicular a los cilindros de tratamiento cuenta con un sistema de vías internas para armonizar el traslado de postes y durmientes dentro del propio patio de secado o bien en dirección a los cilindros de impregnación, para su respectivo tratamiento.

Los postes de madera aceptados se biselan en la punta en un ángulo de 45°, para que, ya en uso, el agua de la lluvia escurra fácilmente y así se eviten pudriciones en el extremo superior del poste, posteriormente se debe eliminar totalmente la corteza en un torno de descortezado.

### 3.1.1. EL CONTENIDO DE LA MADERA EN LA IMPREGNACIÓN DE LA MADERA EN EL PATIO DE ALMACENAMIENTO PARA SER TRATADA.

Considerado el “contenido de humedad” como el elemento básico a controlar a fin de lograr una buena retención y penetración de creosota en la madera, el laboratorio de pruebas de la planta lleva un registro continuo y sistemático del contenido de humedad de todas y cada una de las estibas de madera que se encuentran en el patio de almacenamiento para proponer al área de impregnación la madera que se encuentra en condiciones óptimas de contenido de humedad para ser tratada.

En la empresa en cuestión el secado de la madera se realiza al aire libre, estibando los postes o durmientes de madera aserrada de la manera más adecuada para facilitar la circulación del aire y consecuentemente disminuya la humedad de la madera en el menor tiempo posible, lo cual depende de los siguientes factores: clima, contenido de humedad inicial de la madera, orientación y ubicación de la estiba en el patio de secado, tipo de madera, longitud y clase.

El aprovechamiento adecuado de estos factores es determinante, de tal manera que el secado sea lo más uniforme para que el producto acepte una adecuada impregnación y cumplir con las normas de calidad preestablecidas, por ejemplo y etc.

Durante el tiempo de secado natural, el área de control de calidad de la planta realiza sistemáticamente pruebas de contenido de humedad para determinar el grado de secado del lote. Para esto, en esta planta de impregnación se utilizan principalmente los métodos eléctricos y por diferencia de pesos que a continuación se describen:

#### 1. Método eléctrico

Se basan en el uso de aparatos portátiles que aplican las propiedades eléctricas que tiene la madera, ya que la madera en sí no es conductora eléctrica, pero el agua que contiene la madera si lo es, esto quiere decir que entre más seca esté la madera, mayor será su resistencia al paso de la corriente eléctrica y viceversa; la madera actúa como un circuito eléctrico del medidor.

Para esto se introduce en la madera un par de agujas de 5.08 cm (2") de longitud conectadas a un aparato y éste emite una descarga eléctrica por una de las agujas y la otra detectará dicha descarga. Según sea el contenido de humedad de la madera dicha detección será de mayor o menor intensidad dependiendo del alto o bajo contenido de humedad. Esto es registrado en un gradiente que nos indica el porcentaje de contenido de humedad en forma aproximada.

#### Diferencia de pesos

Otro método utilizado en la Planta Impregnadora, es el de "Diferencia de Pesos", el cual nos da más certeza en el cálculo del contenido de humedad en la madera que el anterior. Éste consiste en tomar una muestra de la madera húmeda y secarla en un horno y la relación de la diferencia de pesos húmedo y seco de la muestra entre el peso de la muestra secada dará el contenido de humedad.

Debido a la presencia de sustancias volátiles de los preservadores, éste método solamente se utiliza para llevar un control histórico del avance en la pérdida de humedad de las estibas de madera almacenadas en el patio de secado ya que es poco preciso en la madera impregnada y no es recomendable cuando se requieran contenidos de humedad muy exactos.

Una vez que la carga de postes de madera ha sido alineada en las vías de acceso al cilindro de tratamiento, se traslada el equipo de control de calidad del laboratorio de pruebas de la planta de impregnación para evaluar por última vez el % de los postes de madera. Momentos después será sometido al proceso de impregnación. En esta ocasión el método para determinar la humedad de la carga de madera, será el de “Ebullición del solvente”, ya que es el autorizado de acuerdo al manual de procedimientos de la empresa (PIMSA, 1989).

Una vez que se ha concluido el tiempo de secado de la madera, es decir que su contenido de humedad está por debajo del punto de saturación de la fibra (P.S.), los postes son aptos para el siguiente paso que es la preservación a presión.

Existen varios métodos para la impregnación de la madera con aceites tóxicos a través de su estructura. Siendo la madera una estructura porosa podría esperarse que fuera fácil de tratar, pero lo cierto es que ofrece gran resistencia a la penetración de líquidos. El empleo de los métodos de presión no se ensayó hasta principios del siglo XX, en que el desarrollo de aparatos adecuados hizo posible la aplicación de esta presión. El desarrollo del procedimiento moderno de impregnación comenzó industrialmente en la década de 1870 a 1880, en que Methell, Moucherie, Burnett y Ryan creaban la historia de la preservación de la madera.

Los métodos a presión usados para inyectar preservadores en la madera, se dividen en dos grupos llamados:

- Procedimientos de célula llena
- Procedimientos de célula vacía

El procedimiento de célula llena hace retener en la madera la mayor cantidad de líquido introducido en el periodo de presión, dejando alta concentración de preservador en la zona tratada.

El procedimiento de célula vacía (□□□ry) recupera parte del líquido introducido a presión en la madera, de tal forma que las células se recubren del preservador más que saturarse de él.Éste procedimiento es el utilizado en la impregnación de los postes telefónicos de □.□□ m (□5□), que satisface los requisitos de las especificaciones establecidas con □E□□E□.

□os procedimientos a presión tienen una ventaja clara sobre los métodos sin presión. En la mayoría de los casos puede conseguirse una penetración más profunda y uniforme y una mayor absorción del preservador, con lo cual la madera adquiere una protección más eficaz, además pueden regularse las condiciones de tratamiento, de modo que es posible variar la penetración y la retención para satisfacer las exigencias de servicio, con lo que se obtiene un empleo más económico de preservador.

□inalmente los procedimientos a presión se adaptan a la producción en gran escala de material tratado, como se observa en los cilindros de tratamiento de las figuras □o. □y □, para la preservación de madera.



**FIGURA No.1** Boca puerta de cilindro de tratamiento con cubierta térmica, capacidad individual de 25 m<sup>3</sup>, Impregnadora Las Vigas de Rafael Ramírez, Ver.



**FIGURANo. 2** Vista parcial de los cilindros de tratamiento en Impregnadora Las Vigas de Rafael Ramírez, Ver.

El equipo de tratamiento en parte conformado por tubería de diferentes diámetros, bombas, compresores, válvulas y tanques de almacenamiento, configuran un circuito integrado dentro del área de impregnación, que permite transportar la creosota a los diferentes tanques de almacenamiento, una vista parcial se muestra en las figuras 0o. 1 y 2.



**FIGURA No. 3** Vista parcial del área de impregnación de una planta de tratamiento de maderas, Impregnadora Las Vigas de Rafael Ramírez, Ver.



**FIGURA No. 4** Conjunto de válvulas y equipo para el traslado y movilidad de líquidos impregnantes de maderas, Impregnadora Las Vigas de Rafael Ramírez, Ver.

El proceso de preservación por medio de métodos de presión inicia en el momento en que los postes son colocados en cargas sobre las vagonetas que se desplazan sobre la vía de acceso a los cilindros de tratamiento.

Para lograr el tratamiento de la madera por presión es necesario contar con el equipo adecuado, como son bombas de inyección, de vacío, compresores, condensadores, aparatos de registro como son los manómetros, vacuómetros, termómetros, tuberías para impregnantes, para aire y de serpentines de calentamiento, tramos de tuberías y válvulas, además de los cilindros de tratamiento o retortas, tanques de almacenamiento, calderas o “*cicloniks*”, equipo de soldadura y en general herramientas de todo tipo.

Con el equipo y maquinaria mencionados pueden desarrollarse los procesos de preservación de maderas a presión y alto vacío, como se muestra en las figuras No. 5, y 6.



**FIGURA No. 5** tubería y válvulas para la distribución de la creosota en los diferentes tanques, Impregnadora Las Vigas de Rafael Ramírez, Ver.



**FIGURA No. 6** Ciclonik tiene las funciones de una caldera con la capacidad de calentar aceite térmico de alta temperatura. Las Vigas de Rafael Ramírez, Ver.



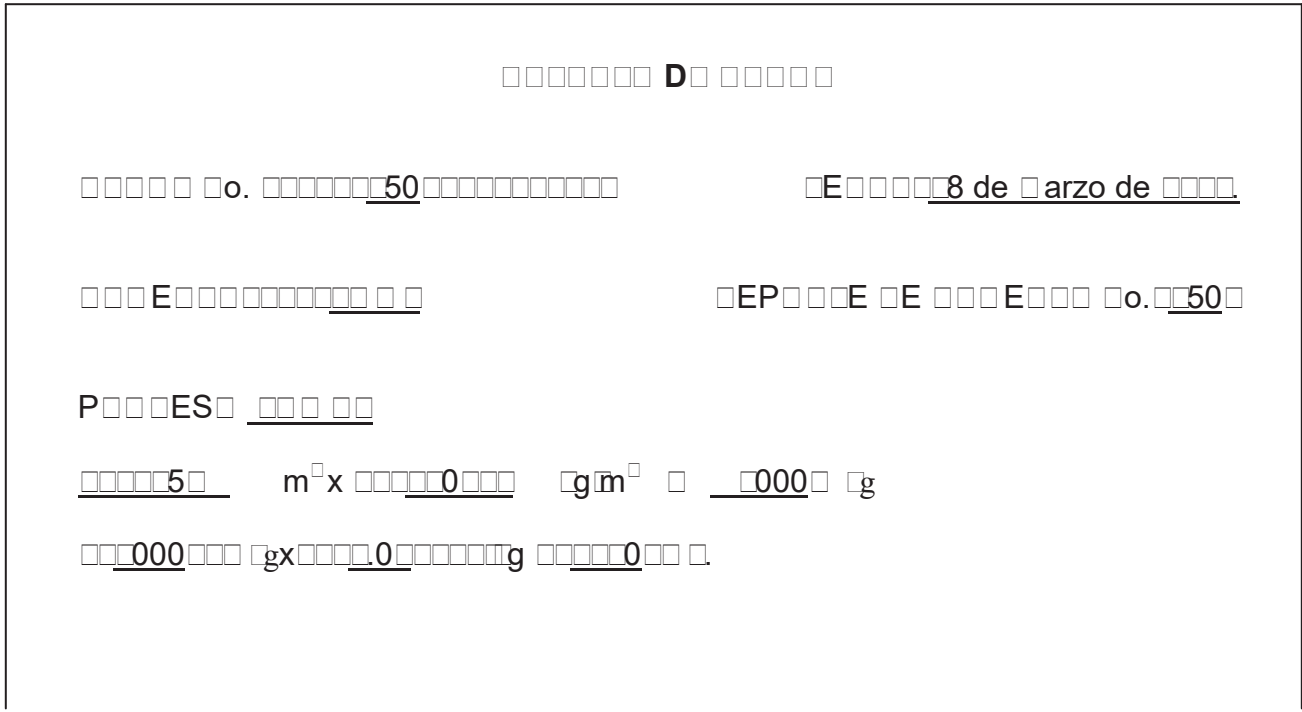
**FIGURA No. 7** Aparatos de medición que indican el progreso del tratamiento: termómetros, manómetros, vacuómetros y gráficos presión-tiempo. Impregnadora el color campo, campo, ic.

Antes de dar inicio al proceso de preservación de postes telefónicos de pino para líneas de transmisión, se realiza el cálculo de carga para conocer la cantidad de impregnante que deberá absorber la madera para cumplir con los requisitos que especifique el comprador. Los datos de la carga y determinación de la cantidad de impregnante a utilizar se registran en la figura 8. El contenido de humedad en la industria de la preservación de maderas, es una de las principales variables a controlar, pues de éste depende el éxito o el fracaso de la conservación de los productos forestales maderables puestos en servicio.

El cálculo de carga predetermina la cantidad de impregnante que deseamos introducir en cierto volumen de madera. En nuestro ejemplo citamos los datos generales, como lo son; el % de carga, la fecha de realización de la prueba de humedad, el % de reporte de humedad y el dato principal que es el contenido de humedad de la carga de postes de madera, en éste caso del 12 % de %. Posteriormente encontramos que el volumen de madera es de 5 m<sup>3</sup> que multiplicados por los 200 g/m<sup>3</sup> de impregnante que pretendemos inyectar a la madera, nos da un total de 1000 kg de preservante. Para traducir los kg. a l. de impregnante, consideramos el volumen específico de la creosota de 0.85 g, lo cual nos da un resultado de 1,176 l., necesarios para lograr una retención de 200 g/m<sup>3</sup> en 5m<sup>3</sup> de madera.



Un ejemplo del cálculo de carga lo podemos observar en la figura No. 8.



**FIGURA No. 8** Cálculo de inyección de creosota a una carga de postes de 25m para lograr una retención (R) de 0.50 kg/m<sup>3</sup> según el ejemplo. R= Retención (kg/m<sup>3</sup>); V.E.= Volumen Especifico de la creosota(L/kg).

Cálculo de carga de creosota

En la figura No. 8, se aprecia la secuencia (fases) del proceso “Lowry” para un tratamiento de postes de madera de pino, así como las fases que intervienen en su duración.

Este procedimiento se utiliza cuando los postes de madera han sido secados previamente ya sea por métodos naturales o artificiales y se encuentran por debajo del punto de saturación de la fibra (aproximadamente al 5% de contenido de humedad).

## PROCESO LOWRY

### DIAGRAMA DE PRESERVACIÓN

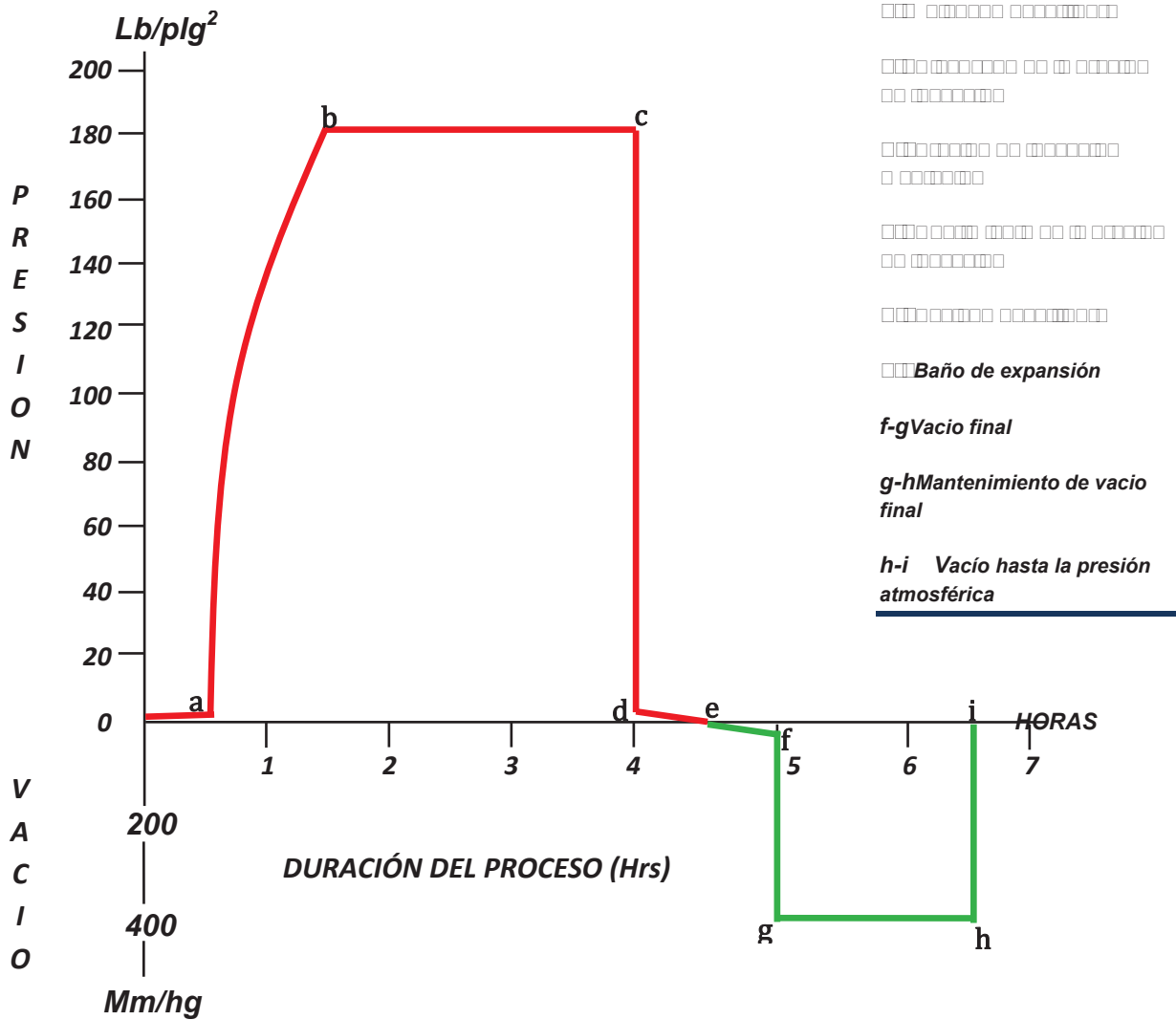


FIGURA No. 9 Diagrama del proceso de impregnación de maderas Lowry

Una vez colocada la carga dentro del cilindro, se cierran las puertas de éste, en forma hermética, abriéndose los serpentines para su calentamiento y seguir la secuencia siguiente

- **Oa.**- (1/2 hr) Llenar el cilindro con mezcla impregnante caliente (temperatura mínima 80 °C). Este se logra aprovechando un tanque auxiliar llamado *tanque over head* elevado a mayor altura que el cilindro y se llena por gravedad.
- **ab.**- (1/2 hr) Inicio de la inyección por presión, valiéndose de una bomba eléctrica con la cual se bombea del tanque de trabajo el impregnante caliente (a no menos de 80° C) al interior del cilindro hasta alcanzar la presión deseada.
- **bc.**- (3 hr) Para inyectarle a la madera la cantidad de impregnante calculado, se mantiene la presión el tiempo necesario, hasta lograr la inyección calculada.
- **cd.**- Logrando lo anterior se abate la presión.
- **de.**- (1/2 hr) Vaciado del impregnante del cilindro al tanque de trabajo. Para facilitar ésta fase, por medio de un compresor de aire, por la parte superior del cilindro se inyecta aire a presión, para que el impregnante salga por un ducto colocado en la parte baja del cilindro, llamado tanque dren y controlado por válvulas.
- **ef.**- (1/2 hr) Para ayudar al equilibrio de la presión ejercida por la inyección del impregnante dentro de la madera se deja reposar la carga, para que el impregnante sobrante salga al exterior de la madera, lo que se logra por medio del calentamiento generado por los serpentines, (a ésta fase se le denomina "Baño de Expansión").
- **fg.**- Para terminar, a la carga se le aplica un vacío para acabar de extraer el impregnante sobrante.
- **gh.**- (1:1/2 hr) Mantener el vacío por un periodo de tiempo para ayudar a que la carga salga seca y sin escurrimiento, facilitando su manejo para evitar accidentes al personal estibador y a la vez, economía del impregnante.
- **hi.**- Abatir el vacío hasta la presión atmosférica y extraer la carga.

Antes de abrir las puertas, por medio de una operación en el manejo de bombas y válvulas, se drena el cilindro de la mezcla almacenada en el fondo, llevando el impregnante a un depósito llamado “*Dren*”, cuyo contenido se bombea posteriormente al tanque de trabajo. Hecho lo anterior se abren las puertas, se colocan los rieles móviles y se extrae la carga.

El presente trabajo fue desarrollado siendo parte del equipo de trabajo de “PIMSA S. A.”, ubicada en la Cd. de Perote, Veracruz, con espacio abierto de aproximadamente 22 ha, 8 km de vías interiores y corrientes de aire frecuentes, contando con dos cilindros de tratamiento para 250 postes de 7.62 m (25') de longitud por carga.

### **5.1. MATERIAL DE ESTUDIO**

Los postes de madera utilizados fueron parte de las existencias de productos forestales de PIMSA, en la Cd. de Perote, Ver. El abastecimiento de estos productos fue de los bosques de los estados de México y Puebla, de éste último, del Mpio. de Zacatlán, extraídos y transportados en vehículos de carga, comúnmente denominados “lanzas”.

Se consideró para su análisis un periodo anual de producción, seleccionando un total de 2444 postes de madera de pino de 7.62 m (25') de longitud, de tipo “Telefónico”, haciendo un total de 20 cargas que fueron tratadas en los cilindros de impregnación.

### **5.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS POSTES POR EBULLICIÓN DEL SOLVENTE**

*PIMSA(1989)* El contenido de humedad de los postes se determinó por el “Método de ebullición del solvente” (método de destilación). Este método consiste en colocar la muestra de madera húmeda (gusanillos de madera) extraídos con la broca Pressler en un matraz con algún solvente miscible en agua, de alto punto de ebullición (Xileno ó tolueno) y calentarlos para que el solvente al hervir arrastre la humedad que será alojada en una trampa de destilación y posteriormente, por diferencia de pesos y el agua retenida en la trampa, se determine el contenido de humedad de la madera expresado en porcentaje. Este método es el más preciso para madera que ha sido preservada.

Equipo:

- ✓ Una broca Pressler sacabocados 3/16plg. de diámetro.
- ✓ Un martillo.
- ✓ Taquetes de madera 1/2plg. de diámetro 5plg. de longitud.
- ✓ Un matraz redondo fondo plano de 250 ml, cuello esmerilado 24/40.
- ✓ Una balanza granataria, triple barra con sensibilidad de 0.1 g

- ✓ Una placa de calentamiento con cubierta de cerámica vítrea temperatura máxima 400°C.
- ✓ Un soporte universal.
- ✓ Tres pinzas con adaptadores.
- ✓ Trampa de destilación con graduación de 20 ml y subdivisiones de 0.1 ml.
- ✓ Un refrigerante liebing.
- ✓ Estufa u horno para laboratorio con control eléctrico.
- ✓ Una campana desecadora.

#### Substancias:

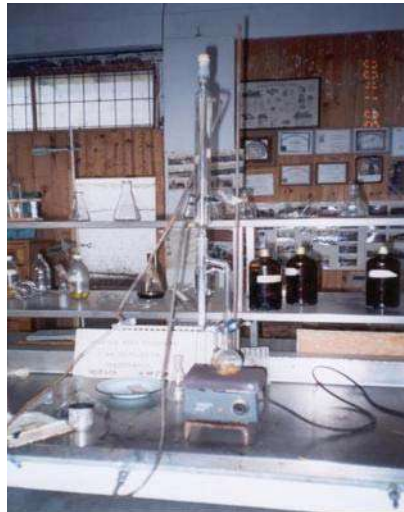
- ✓ Xileno o Tolueno 200 ml.
- ✓ Silica  $\square$ el.

#### Procedimiento:

En el laboratorio se pesa un matraz de 250 ml con tapón y se toma el dato para su respectiva tara, trasladándose posteriormente al lote de postes a muestrear, se extrae una muestra representativa del lote a analizar utilizando para ello la broca Pressler sacabocados y tapando los orificios dejados por la broca, con los taquetes de madera y el martillo, al realizar este proceso es indispensable, que se realice entre dos personas ya que debe efectuarse rápidamente, con el fin de evitar la pérdida de humedad por evaporación y aireación, que pueda originar un dato falso, una vez terminado el muestreo se trasladada al laboratorio donde se pesa el matraz con tapón y los gusanillos de madera húmedos, a éste peso se le resta el peso obtenido del matraz con tapón, y queda como dato el peso  $\square_1$  de la madera húmeda.

Una vez obtenido el peso de la madera húmeda ( $\square_1$ ), seprocedió a la extracción de la humedad de los gusanillos de madera en un equipo Soxhlet dicha extracción se realizó de la siguiente manera: al matraz con la madera húmeda se le agregó 200 ml de xileno, como reactivo analítico y se colocó en la placa de calentamiento, donde se ensambló la trampa de destilación graduada a 20 ml y a su vez esta ensambló al refrigerante liebing, todos éstos sujetos al soporte universal por medio de las pinzas con sus respectivos adaptadores se encendió la placa de calentamiento para lograr la ebullición del reactivo que arrastró el agua contenida en la madera, se dejaron haciendo reflujo, hasta que no se registró más agua en las paredes del matraz y de la misma trampa de destilación.

Terminando esto se desmontaron los aparatos y se vació el xileno restante a otro recipiente después el matraz con las muestras se colocaron en la estufa de secado durante media hora a 100°C, se sacaron y se pasaron a la campana desecadora para su enfriamiento durante unos 15 minutos. La figura No. 10 muestra el ensamble de equipo de laboratorio utilizado para realizar esta prueba



**FIGURA No. 10** Prueba para determinar el contenido de humedad. Planta de impregnación de las Vigas de Rafael Ramírez, Ver.

Una vez habiéndose enfriado el matraz con la muestra (madera seca) se procedió a pesarla con tapón, y al resultado se le restó el peso del matraz con tapón, teniendo así el dato ( $W_2$ ), es decir el peso de la madera seca (PIMSA, 1989).

Estos datos se sustituyeron en la siguiente fórmula:

$$C.H. (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

Donde:  $W_1$  = Peso de la muestra de madera húmeda

$W_2$  = Peso de la muestra de madera seca

C. H. = Contenido de humedad

El resultado puede comprobarse con la cantidad de agua alojada en la trampa. Una vez que en el laboratorio se obtuvo el resultado del análisis del contenido de humedad, se procedió a identificar el lote o carga analizado, poniendo una marca con crayón o pintura en aerosol que indicara: fecha de análisis, contenido de humedad obtenido y número de lote que le corresponde.

Una vez concluida la prueba que determina el C.  $\mu$ . de la carga de madera se emite un reporte en base al cual, el área de impregnación determina el método de impregnación.

## **5.1. MÉTODO DE IMPREGNACIÓN SELECCIONADO**

Para la realización del presente trabajo se utilizó el método “Lowry” ( célula vacía), el cual consiste en introducir la carga en el cilindro de tratamiento, se cierra éste herméticamente, llenándolo con el impregnante caliente a una temperatura no menor a los 80 C $^{\circ}$  se inicia la inyección del impregnante lentamente, con el objeto de que se reparta de forma uniforme en la zona de la albura, hasta llegar a la máxima presión estipulada, que son 180 lb/pg $^2$ (12.65 kg/cm $^2$ ), se mantiene la presión, hasta inyectar el impregnante calculado de acuerdo con la retención deseada $\square$ posteriormente, se abate la presión, se vacía el cilindro de tratamiento, y con los serpentines de calentamiento se incrementa la temperatura del impregnante con un rango de  $\square$ 0 a 100C $^{\circ}$  durante media hora, esto se hace para que se iguale la presión y el impregnante que se encuentra dentro de la madera sea expulsado y con el vacío final (400 mm/hg) quede el material seco, para su fácil manejo. Este método de tratamiento está calculado en 6:30 hrs. Aunque es variable, sobre todo en la fase de mantención del periodo de inyección, por la resistencia natural que muestra la madera y el tiempo necesario para lograr la cantidad de absorción de impregnante calculada.

## **5.2. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE PRESERVACIÓN**

La evaluación del grado de protección que se le da a la madera mediante la aplicación de sustancias químicas, se realiza midiendo la absorción y penetración de los preservantes empleados en los procesos de impregnación (CUEAC, 1988).

De esta manera, una vez terminado el proceso de impregnación se determinó la eficiencia del proceso de preservación y su relación con el contenido de humedad de la madera antes del tratamiento, aplicando las pruebas de retención y penetración del impregnante empleado (creosota) y el contenido de humedad de los postes ya impregnados.



#### 5.4.1. Determinación de la retención de creosota

*PIMSA(1989)* El objetivo de este método de prueba, es la verificación de la dosis del preservador oleo soluble aplicado y retenido por las células de la madera en una carga, y determinar si ésta cumple con las normas de impregnación establecidas, otro objetivo es el de tener un control de los preservadores aplicados a la madera, haciendo una confrontación de los resultados obtenidos en el laboratorio con los aplicados en el área de tratamientos y de los resultados obtenidos, hacer las acciones correctivas pertinentes según sea requerida.

Esta prueba de retención tiene como finalidad verificar que los productos de madera, han sido tratados con la retención adecuada y que por lo tanto garantizará un buen producto que evitará una posible reimpregnación o rechazo de la carga impregnada, logrando con esto reducir costos y cumplir con las normas de calidad.

El método cuenta con tablas de inspección para determinar el número de muestras (gusanillos de madera) a extraer de la carga, dependiendo del cilindro en que fue tratada. Apéndices, cuadros 2 y 3. Tablas de extracción de muestras para pruebas de retención y penetración.

Equipo:

- Una broca Pressler sacabocados 3/16plg. de diámetro.
- Un martillo.
- Taquetes de madera impregnados.
- Un matraz redondo fondo plano de 250 ml cuello esmerilado 24/40.
- Un cortador de gusanillos de madera con respectivas medidas.
- Una balanza granataria, triple barra con sensibilidad de 0.1 g.
- Una placa de calentamiento con cubierta de cerámica vítrea, temp. Max. 400 °C.
- Un soporte universal.
- Cuatro pinzas con adaptadores.
- Un extractor Soxhlet de vaciado a base de sifón.
- Una trampa de destilación graduada a 20 ml con subdivisiones de 0.1 ml.
- Un condensador Liebig.
- Una estufa u horno para laboratorio con control eléctrico.
- Un desecador de campana.
- Guantes de asbesto.

- Perlas de vidrio.

Substancias:

- Xileno o Tolueno 200 ml.
- Sílica gel.

Procedimiento:

Una vez terminado el tratamiento de impregnación se procedió a su respectivo muestreo para poder determinar su retención, es decir, la cantidad de impregnante por metro cúbico de madera para esto se trasladó el personal de laboratorio al lugar donde se encontraba la carga impregnada que normalmente es a la salida del cilindro o autoclave donde se extrajeron las muestras necesarias para hacer la prueba de laboratorio.

Esta actividad consiste en extraer los gusanos de madera por medio de una broca Pressler sacabocados y colocar los gusanillos en un matraz. Cada orificio dejado por la broca se tapa con taquetes impregnados utilizando para ello el martillo, se extrae solamente un gusanillo por poste, obteniendo el número necesario de acuerdo a la tabla de muestreo, apéndices, cuadros 2 y 3, éstos se llevan al laboratorio para su respectivo análisis.

La figura No. 11 muestra los gusanillos extraídos de una carga de poste telefónico impregnado que una vez recortados a 2plg. fueron sometidos a prueba para determinar la retención del preservante.



**FIGURA No. 11** Gusanillos de madera de pino en la planta de impregnación de maderas de Perote, Ver.

El ensamblaje del equipo en el laboratorio y la realización de la prueba se muestran en la figura No.12.



**FIGURA No. 12** Prueba para determinar la retención del preservante. Planta de impregnación de las Vigas de Rafael Ramírez, Ver.

**Procedimiento:**

En el laboratorio se les cortó a los gusanillos una primera sección de 1.27 cm (1/2") de longitud de la parte más exterior del gusanillo muestra extraído del poste de madera y se desecha a la siguiente sección se cortan los gusanillos de 5 cm (2") de longitud y es la parte a la que se le realizó la prueba de laboratorio o análisis: para esto se pesaron los gusanillos de 5 cm (2") en la balanza granataria y se anotó el peso ( $\rho_1$ ), después de pesado se colocaron las muestras en el extractor Soxhlet y se acopló a un matraz que contenía aproximadamente 200 ml de xileno junto con algunas perlas de vidrio para romper la espuma de ebullición.

Estas muestras dan la cantidad de impregnantes retenidos por la carga en  $\text{kg/m}^3$  de madera, según la fórmula:

$$Ret. = \frac{W_1 - W_2 - W_3}{N^{\circ} Vol.} \times 1000$$

- onde:
- <sub>1</sub> □ Peso de los gusanillos impregnados en gramos.
  - <sub>2</sub> □ Peso de agua alojada en la trampa en gramos.
  - <sub>3</sub> □ Peso de los gusanillos secos en gramos.
  - □ Vol. □ Volumen del número de gusanillos analizados.
  - et. □ Retención del impregnante en kg/m<sup>3</sup>

Para calcular el contenido de humedad final se aplicó la siguiente fórmula:

$$C. H. final = \frac{W_2}{W_3} \times 100$$

También se adaptó al soxhlet una trampa de destilación graduada para la obtención del agua en ml en la cual cada ml representa un gramo en peso para la fórmula (□ <sub>2</sub>), éste peso representa el contenido de humedad final.

El refrigerante Liebing se adapta a la trampa de destilación para condensar los vapores de ebullición (agua y xileno), todos estos aparatos apoyados en una placa de calentamiento y sujeto a un soporte universal por medio de pinzas y adaptadores.

Esta destilación tiene una duración de aproximadamente 2 horas o hasta que las muestras en el extractor Soxhlet ya no colorean el solvente, es decir que sean cristalinos los ciclos de vaciado del solvente hacia el matraz, en este momento es cuando se suspende el destilado y se deja enfriar por unos 15 minutos.

Posteriormente se desensambla el equipo y se sacan las muestras del extractor para colocar en un plato, poniéndose a secar éstas muestras en la estufa eléctrica para su secado por un lapso de 30 minutos, a una temperatura de 100°C o hasta que estas se secan totalmente, de aquí se sacan y se colocan durante 15 minutos en la campana desecadora para su enfriamiento, posteriormente se pasan las muestras secadas a la balanza granataria. El peso obtenido de la madera seca es el peso (□ <sub>3</sub>) que se necesita para la aplicación de la fórmula, que junto con el cálculo del volumen de madera de las muestras dan la cantidad de impregnantes retenidos por la carga en kg/m<sup>3</sup> de madera (PIMSA, 1□8□).

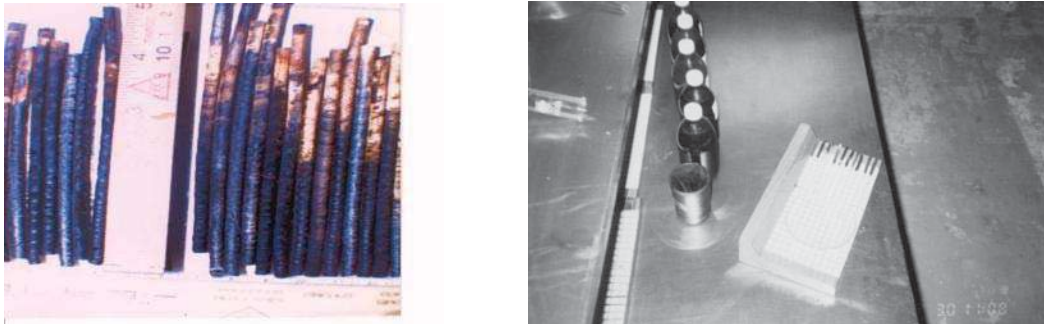
#### 5.4.2 Determinación de la penetración de la creosota

*PIMSA(1989)* Esta prueba se mide la profundidad del impregnante en la sección de la albura de la madera. Entendiendo como profundidad, la distancia recorrida por el impregnante partiendo de la parte exterior de la madera hacia el centro de la misma.

La prueba que determina la penetración del impregnante hace uso de las tablas de muestreo que definen la cantidad de muestras a extraer (gusanillos) de una carga, dependiendo del cilindro en que fue tratada y que son válidas para efectuar las pruebas de retención y penetración.

El porcentaje de penetración en la albura debe medirse en aquellas piezas o especies que no tengan una demarcación visible de coloración entre la albura y el duramen, en el caso del pino para determinar el espesor de la albura por coloración de benzidina, se necesitan dos soluciones preparadas: benzidina y ácido hidrociorhídrico y nitrito de sodio, los cuales deben almacenarse de manera separada, pues la mezcla de estas dos sustancias se descompone rápidamente y en esta condición no es útil para la prueba.

La figura No. 13 muestra una toma de los gusanillos de madera que fueron sometidos a la prueba de penetración del impregnante.



**FIGURA No. 13** Gusanillos de madera de pino impregnado en la planta de impregnación de maderas de Perote, Ver.

Para definir la penetración del preservante, se sigue el procedimiento, que a continuación se describe:

#### Equipo:

- Una broca Pressler sacabocados 3/16"plg. de diámetro.
- Un martillo.
- Taquetes de madera impregnados.
- Un matraz con tapón.
- Tubos de ensaye.

#### Substancias:

- Benzidina dihidroclorida
- Ácido hidrociorídrico 17 %
- Agua ( $H_2O$ )
- Nitrito de sodio ( $NaNO_2$ ).

#### Obtención de las muestras:

Una vez terminado el tratamiento de impregnación se procedió a su respectivo muestreo para poder determinar la penetración, es decir la profundidad a la que ha llegado el impregnante en los postes de madera de pino para esto se trasladó el personal de laboratorio al lugar donde se encontraba la carga impregnada que es a la salida de la retorta o autoclave. Normalmente en el momento que son extraídos los gusanillos para la prueba de retención, se extraen los utilizados para esta prueba, de acuerdo a la tabla de muestras que existe para tal fin.

Esta actividad consiste en extraer un gusanillo de madera por medio de una broca Pressler sacabocados y colocar los gusanillos en un matraz, cada orificio dejado por la broca se tapa con taquetes impregnados utilizando para ello un martillo, se saca únicamente un gusanillo por poste. Obteniendo el número necesario de gusanillos se llevaron estos al laboratorio para su respectivo análisis.

#### Procedimiento:

En el laboratorio se mezclan 10 mm de benzidina hidrociorhídrica con 10 mm nitrito de sodio, vertiendo su contenido en un tubo de ensayo en partes iguales. Se sumergen en la solución mixta las muestras por el lado no impregnado y en 2 minutos de estar sumergidas, La reacción colorea al duramen de un color rojo obscuro y a la albura de un color amarillo que más tarde se obscurece llegando a ser hasta de un tono café, pero la distinción de los colores se conserva por tiempo indefinido. Esta prueba es solamente para madera de pino (PIMSA, 1989).

En esta forma quedan delimitadas las partes de la muestra con toda claridad, pudiéndose determinar con toda precisión lo que es albura y duramen y con ello se podrá medir la cantidad de penetración de acuerdo con las normas de calidad de la empresa (*PIMSA, 1989*) correspondientes para utilizar los criterios de aceptación o rechazo indicados.

## □. RESULTADOS □ ANÁLISIS

Antes de la impregnación se determinó el contenido de humedad de cada carga, muestreando para éste propósito el 25□ de los postes por carga.

Una vez terminado el proceso de impregnación se muestreó un 30□ del total de cada carga, el 25□ para la determinación de la retención y un 5□ para la penetración del impregnante.

Se tabularon los resultados para posteriormente graficar y determinar el coeficiente de correlación por medio de la hoja de cálculo de Microsoft excel□, para las relaciones de “Contenido de humedad – Retención”; y “Contenido de humedad – Penetración”.

Tres datos destacan en importancia dentro de los resultados obtenidos:

- C. □. antes del ingreso de los postes al cilindro de tratamiento.
- □etención de impregnante al concluir el proceso de impregnación.
- Penetración del preservante en la albura de los postes de madera.

El contenido de humedad es sin duda el elemento central del objetivo para demostrar que la retención y penetración del preservante dependen directamente del contenido de humedad de los postes de madera al iniciar el tratamiento. Los resultados de estas determinaciones se presentan en el Cuadro 1.



CARGA N°	N° de postes de carga	VOLUMEN m³	C. H. %	RETENCION	PENETRACION
				%	%
1	152	16.78524	27.02	137	100
2	134	13.42812	25.4	14	100
3	136	1.57014	24.42	185	100
4	106	7.336358	27.4	122	100
5	131	0.08832	21.81	187	100
6	102	4.821278	21.56	186	100
7	136	8.1777	22.85	162	100
8	130	8.1400	24.72	145	100
9	102	4.58813	21.27	15	100
10	140	4.713723	32.66	106	0
11	138	0.62371	34.1	5	0
12	110	14.557172	30.00	113	100
13	135	7.704864	28.57	123	100
14	111	10.071144	25.84	13	100
15	105	7.10304	30.30	111	5
16	110	4.821278	25.00	155	100
17	100	15.566325	28.67	125	100
18	8	12.02473	31.77	115	5
19	132	12.428544	20.05	120	100
20	136	12.477076	33.33	88	85
	Total 2444		Prom 27.35	Prom 137.0	Prom 75

**Cuadro 1.** Contenido de humedad, retención y penetración del preservante de las cargas de madera para poste telefónico de 7.62m, en la planta de impregnación de maderas de Perote, Ver.

Partiendo de la situación de que se trata de una empresa privada cuyo giro es la preservación de maderas a base de creosota, se eligió para fines de éste estudio únicamente las cargas puras de postes telefónicos de 7.62 m secadas al aire libre durante un ciclo anual. Al no contar con estufas de secado, la humedad en las diferentes cargas de postes tuvo un rango de variación de 21.27 % de C.H. hasta 34.1 %, es decir más de 12% de rango, procurando en todo momento acercar las cargas de madera al P. S. en su fase de acondicionamiento previo a la impregnación.

Si se observa el cuadro 1, se puede dar cuenta que la cargas 11 y 20 reportan un C.º. de 34.º1 º y 33.33 respectivamente y sus retenciones son las más bajas con 5 y 88 kg/m<sup>3</sup>, sin que estos datos signifiquen una regla general para la impregnación de maderas, si nos permiten identificar con claridad la importancia que tiene el C. º. durante la inyección del preservante a través del proceso Loºry.

En el sentido inverso se puede señalar que la carga º que reportó menor contenido de humedad con 21.27 º, su resultado en retención fue el más alto con 15 kg/m<sup>3</sup>, pero en general como ya se mencionó anteriormente, tampoco el objetivo de la empresa es lograr que la madera acepte mas impregnante, porque esto se refleja en pérdidas económicas para la empresa, sino contar con un control adecuado de las retenciones que permita competir en el mercado laboral.

En la figuraºo. 14, se puede observar la relación que presenta la retención del impregnante en función del contenido de humedad, en el que se muestra que existe una correlación muy alta (coef. de corr. º -0.936).

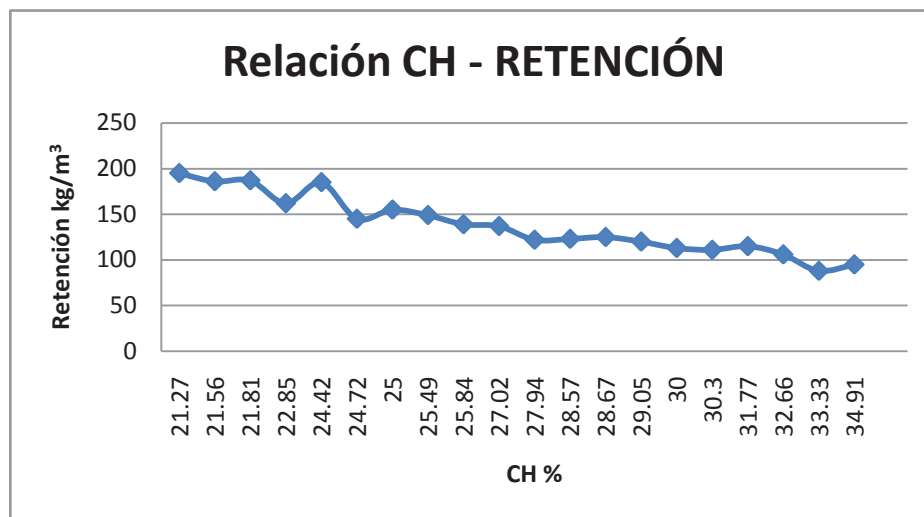
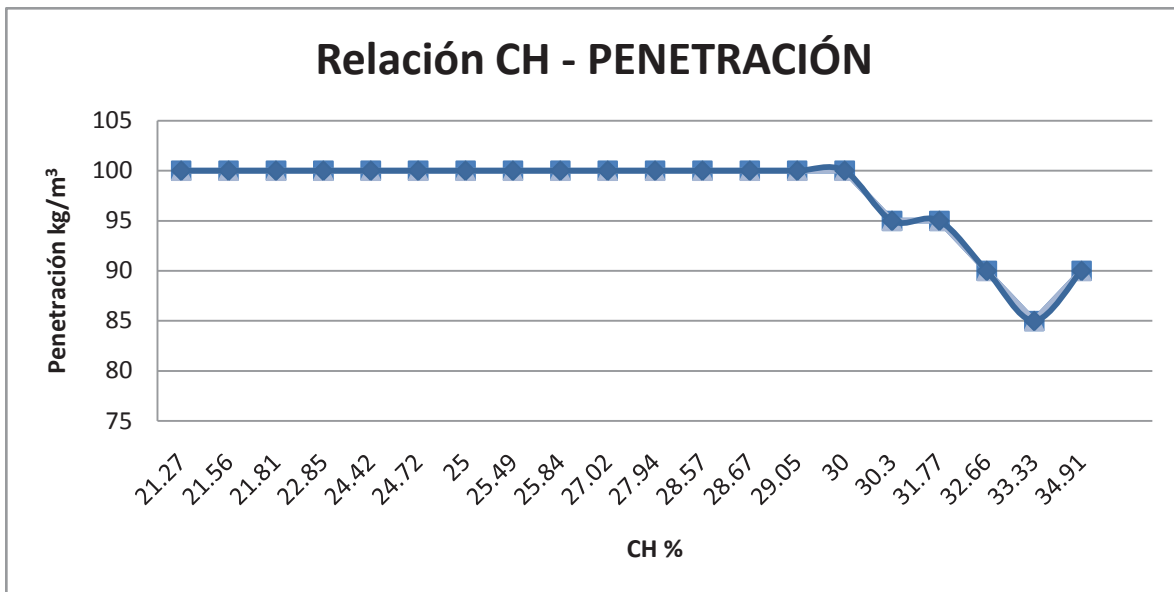


FIGURA No. 14 Relación entre Retención ºº contenido de ºumedad de las muestras ºprueba

□ en la siguiente figura□o. 15 , se muestra la relación que presenta la penetración en función del Contenido de humedad de la madera en la que se observa una correlación máxima (coef. corr. □ 1.0), cuando el contenido de humedad está por debajo del 30□ y precisamente por arriba de este 30□ comienza a disminuir la efectividad en la penetración□ de aquí que es de gran importancia bajar el contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra o más precisamente a 25□ aproximadamente.



**FIGURA No. 15** Relación entre Contenido de Humedad y Penetración del impregnante.

La figura No. 16 es ilustrativa en el sentido que nos muestra de manera clara el enfoque hacia de nuestro objetivo central en el presente trabajo. Que es el de analizar la influencia del C. H. de la madera y su comportamiento ante el proceso de impregnación.

Si consideramos el secado de la madera como un proceso previo al de impregnación y determinamos su contenido de humedad antes del ingreso al cilindro de tratamiento y posteriormente sobre esta misma base graficamos los resultados de la retención en Kg/m<sup>3</sup> podemos concluir que:

1. Cuando el C. H. oscila entre el 20% y 30% la figura nos muestra una tendencia relativamente estable en términos de correspondencia Humedad-retención. Así lo podemos observar en las cargas 06 y 16.

2. Existe una relación lógica en términos de resultados medidos es decir a un menor C. H. la madera tiende a aceptar una mayor cantidad de impregnante y por lo tanto incrementa la retención como lo observamos en las cargas 06 y 16.

3. A un mayor C. H. la madera opone más resistencia y disminuye la cantidad de impregnante aceptada por la carga de madera es decir su retención como se ejemplifica de manera más marcada en las cargas 11 y 19.

Entonces podemos concluir que el secado de la madera es un proceso “predeterminante” del resultado que esperamos obtener una vez aplicado el método Lorry durante el proceso de impregnación para las pruebas de postes de madera de pino en estudio.

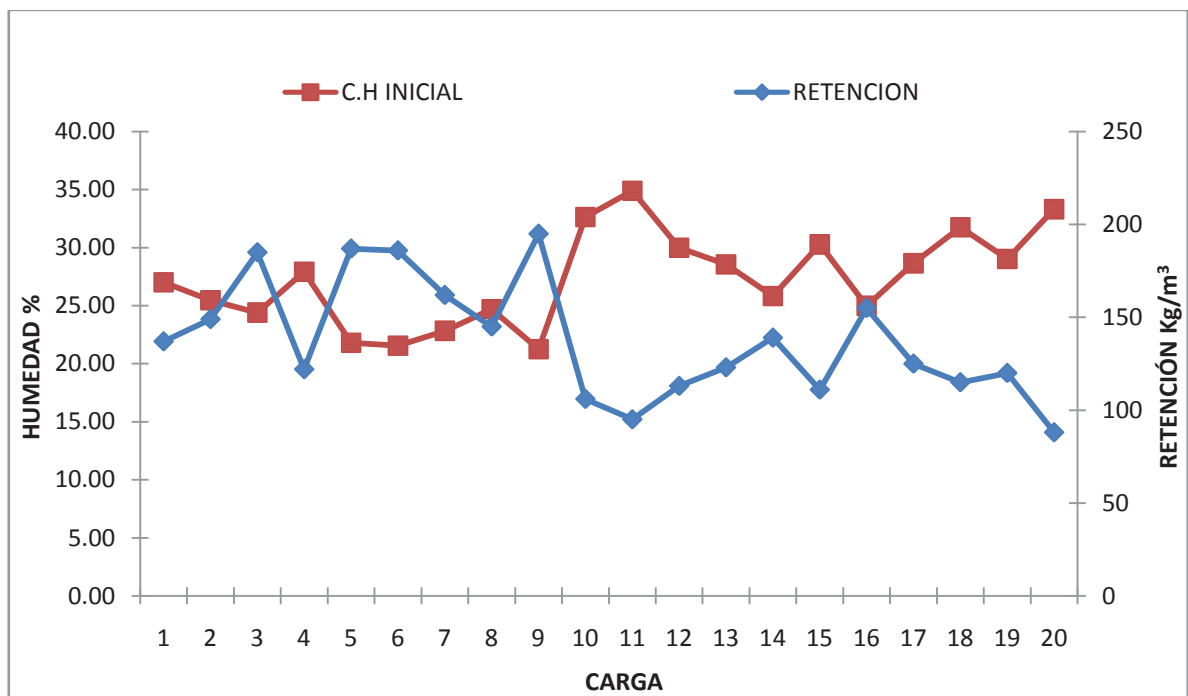


FIGURA No. 16 Relación entre Contenido de Humedad y Retención del impregnante.

## 7.DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo nos permiten coincidir con los diversos autores que afirman que el contenido de humedad es el factor más importante a controlar a fin de lograr resultados satisfactorios durante el proceso de preservación de postes de madera Looney.

Si bien es importante desalojar el agua libre de las cavidades celulares para permitir que el preservador ocupe ese espacio esto es cierto pero además hay que considerar la temperatura del impregnante durante la fase de inyección y la presión ejercida para lograr introducir de manera adecuada el preservante sin dañar la estructura celular de la madera.

La humedad antes del tratamiento (TEL-MEX, 1986) basado sobre el peso de la madera seca o extracción de tolueno no debe ser mayor al 30% antes de la impregnación. Otros autores al respecto mencionan como necesario que la madera se encuentre en el S. S. la cual puede variar para las diferentes especies de pino de 30% de C. H. sin embargo para el presente trabajo estas variaciones no representan una marcada influencia en los resultados obtenidos para la retención y penetración.

La bibliografía consultada para nuestro país nos muestra gran variación en los valores del C. H. ideal en la madera las características de la impregnación y definiciones de la retención y penetración pero no encontramos estudios técnicos o bibliografía que nos emita valores para la retención y penetración de acuerdo a la exposición que van a tener los postes en su uso final es decir puestos en servicio.

Inclusive la normatividad consultada de NMX con cobertura nacional solicita una retención mínima de 100 Kg/m<sup>3</sup> y penetraciones de al menos 100% como único requisito de aplicación esto es ambiguo si consideramos que las condiciones geográficas y climatológicas del país son completamente variables de una región a otra y los postes están expuestos al ataque de hongos e insectos en diferente medida por lo que estas especificaciones pueden aceptarse en ciertas regiones del país pero en otras donde existen condiciones climatológicas extremas no puede garantizarse la durabilidad de los postes en servicio.

En la industria privada donde se procesan diariamente importantes volúmenes de madera y donde los costos de producción juegan un papel muy importante en la organización de la empresa es importante apegarse al ciclo de la retención especificada en el reporte de carga. En la realidad resulta prácticamente imposible la exactitud en la fase de inyección durante el proceso de impregnación siempre es más deseable calcular un excedente en la inyección que los costos de una reimpregnación de carga.

El momento de tomar las muestras (gusanillos) al salir las cargas del cilindro de tratamiento para determinar la retención y penetración del preservante solamente se muestrean los postes externos que son las muestras que nos sirven de base para obtener estos resultados. Es importante tomar muestras de postes internos y comparar los resultados.

## CONCLUSIONES

- Para nuestro trabajo en particular podemos afirmar de manera objetiva que de un buen secado depende una buena impregnación por eso es importante estar al tanto de las variaciones climatológicas cuando no se cuenta con hornos de secado artificial.
- Las estufas de secado de madera son indispensables en una empresa que maneja volúmenes importantes de madera y donde el contenido de humedad es el elemento más importante a controlar. Simple y sencillamente no puede una empresa de tal magnitud exponer su volumen de producción a la variación de las condiciones climáticas. Este fue el caso de los postes objeto del presente trabajo. Hoy al tiempo la pregunta es: ¿Cuánto se habría cambiado con hornos de secado?
- La conclusión final que no es otra sino la confirmación de que: el contenido de humedad es una de las variables más importante que debemos controlar a fin de obtener resultados favorables durante el proceso Loory de impregnación de maderas con creosota.
- La especificación  $10\%$  para postes de madera de  $10$  pies de longitud nos indica un contenido de humedad no mayor al  $10\%$  basado sobre el peso de la madera seca sin embargo para el objeto de estudio en un sentido riguroso solo 6 de las  $10$  cargas muestra cumplen con este requisito otras cargas con humedades entre  $10\%$  y  $30\%$  cumplen satisfactoriamente con las especificaciones en retención y penetración. No así aquellas con más del  $30\%$  de C. H.
- Las variables retención y penetración se encuentran íntimamente ligadas al contenido de humedad de la carga que ha de someterse a preservación por medio del proceso Loory.

## 1. CONDICIONES

Es importante que las empresas de transformación de productos forestales maderables con volúmenes de procesamiento importantes cuenten con estufas de secado que permitan manejar el contenido de humedad de la madera de acuerdo a las especificaciones de uso final. No es el caso de la madera tratada para la realización del presente trabajo y se reconoce que los costos de instalación y operación de una estufa de secado pueden verse remunerados por los beneficios que se obtienen de esta.

A través del contenido del presente trabajo describimos a la creosota como un preservador eficaz para tratar madera expuesta a la intemperie resaltando en gran medida su grado de toxicidad. Si bien la creosota es utilizada medicamente para tratamientos de enfermedades de la piel (psoriasis) también encontramos diferente literatura a cerca de los efectos adversos a la salud entre ellos el cáncer de piel para quienes se encuentran expuestos por periodos prolongados sin profundizar en este tema es importante recomendar a los usuarios de este producto un manejo adecuado y sobre todo contar con equipo de protección de uso industrial.

La maquinaria y equipo utilizados en las instalaciones industriales para la preservación de maderas debe someterse a un mantenimiento continuo de bombas de inyección vacío y de traslado de impregnantes en los diferentes tanques de almacenamiento de igual manera el calibrado frecuente de termómetros manómetros vacuómetros y demás relojes graficadores. La creosota a temperatura ambiente es de aspecto lodoso y requiere de temperaturas elevadas para trasladarla entre los diferentes tanques de la planta de impregnación.



## 2. Bibliografía

- American Wood Preservers' Association Standard C61. Preservative treatment by processes. S.
- Comisión Federal de Electricidad. Postes de madera. Especificación C.C. 61. C3 pp.
- Comisión Federal de Electricidad. Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Madera. L.
- Ordoiza Sordo. Taller de tecnología de la madera para la construcción. "Preservación de la madera". Oaxaca. Instituto de investigaciones sobre recursos bióticos. C3 pp.
- Harrison H. Schmitz y J. J. Portnet. 1931. Agric. Res. 6. S11 pp.
- Richardson Harry. 1904. Wood Preservation. The Construction Press Ltd Lancaster. L.
- Telefonos de Madera. 1966. Referencia de normas y especificaciones postes de madera. C1 pp.
- Hailey L. 1931. Wood liquid relations. S.
- Hunt J. y Garratt J. 1904. Reservación de la madera. S. pp.
- Johnston H. y Paass J. 1904. Penetration studies. C.N.
- Kollman J. 1904. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. S. 6 pp.
- Procesadora industrial de madera S. de C. 1904. Anual de procedimientos C.C. S. C1 pp.
- Junta del acuerdo de Cartagena. N.C. 1904. Anual del Grupo Indino para la Reservación de Maderas. pp.

- Cruz de León. 1996. Manual para la conservación y preservación de madera estructural en edificios históricos. Ediciones michoacanas. 1996. 100 pp.
- MacLean. 1993. Manual on preservative treatment of wood by pressure. 1993. 60 pp.
- Domínguez Rodríguez. 1998. Técnicas y estructuras de los. CC. 1998. 100 pp.
- SCS. 1996. Curso por correspondencia de preservación de maderas. 1996. 100 pp.
- Southernforestproductsassociation. 1990. Art. "Beneficios de la madera tratada a presión. conservación del bosque y medio ambiente", 1990. 100 pp.

## INSTRUMENTOS TECNOLÓGICOS

- Centro de transferencia de tecnología pino radiata. Corporación Chilena de Madera [www.cttmadera.cl](http://www.cttmadera.cl) Internet: 6/00/00100
- Fondo de innovación tecnológica INN Chile. “Tratamiento de preservación por doble vacío una alternativa para la madera de pino utilizada en la construcción” CHM 00 pp. [www.infor.cl](http://www.infor.cl) Internet: 1/00/00100
- Empresas y transmisiones eléctricas. Norma de distribución N.º 00.00.00/1 “Postes de madera para líneas de distribución”, 000000003 pp. [www.ute.com.uy](http://www.ute.com.uy) Internet: 1/00/00100
- C. Camarillas y C. Fuentes Salinas “Parámetros de humedad de 63 latifoleadas mecánicas en función de su densidad básica” Red de revistas científicas de América latina el Caribe España y Portugal [www.lac.com](http://www.lac.com) 16 pp. [redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/600/60013100000.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/600/60013100000.pdf) Internet: 00/01/00110
- Oliver Bienvenido y Román. 1950, “Memoria presentada al congreso científico de Zaragoza” Colegio de ingenieros de caminos canales y puertos [www.ciccp.es](http://www.ciccp.es) Internet: 0/00/00100
- Tecnologías Limpias. Corporación “Etapas principales de un proceso de inmunizado” COLOMBIA, 51 pp. [www.tecnologiaslimpias.org/html/.../3311000mp.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/.../3311000mp.htm) Internet: 00/01/00110

## 11. INDIC

Cuadro de extracción de muestra para prueba de retención y penetración (P)

C

S LN	S C	N S C	L S C	S		N S C
				NC	NC	
	6	3	1	1	6	3
3	6		1			
3	6		1			
	6		1			
	6	1	6			1
m	6	3	1	1	6	3
m	6		1			
11 m	6		1			
1 m	6		1			
1 m	6	1	6			1
1 m	6	1	6			1
1 m		1				1
1 m		1				1
m		1				1
1 m		1				1

**Cuadro 2.** Tabla de extracción de muestras cilindro "A", en la planta de impregnación de maderas de Perote Ver.

CORR

S LN	S S	N	L	S		N.C.
				NC	CN	
25'	6	4	24	16	8	4
30'	6	3	18	12	6	3
35'	6	3	18	12	6	3
40'	6	2	12	8	4	2
45'	6	2	12	8	4	2
7 m	6	4	24	16	8	4
9 m	6	3	18	12	6	3
11 m	6	3	13	12	6	3
12 m	6	2	12	8	4	2
14 m	6	2	12	8	4	2
15 m	6	2	12	8	4	2
17 m	4	2	8	5	3	1
18 m	4	1	4	2	2	1
20 m	4	1	4	2	2	1
21 m	4	1	4	2	2	1

**Cuadro 3.** Tabla de extracción de muestras cilindro "B", en la planta de impregnación de maderas de Perote Ver.