



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

07830-S

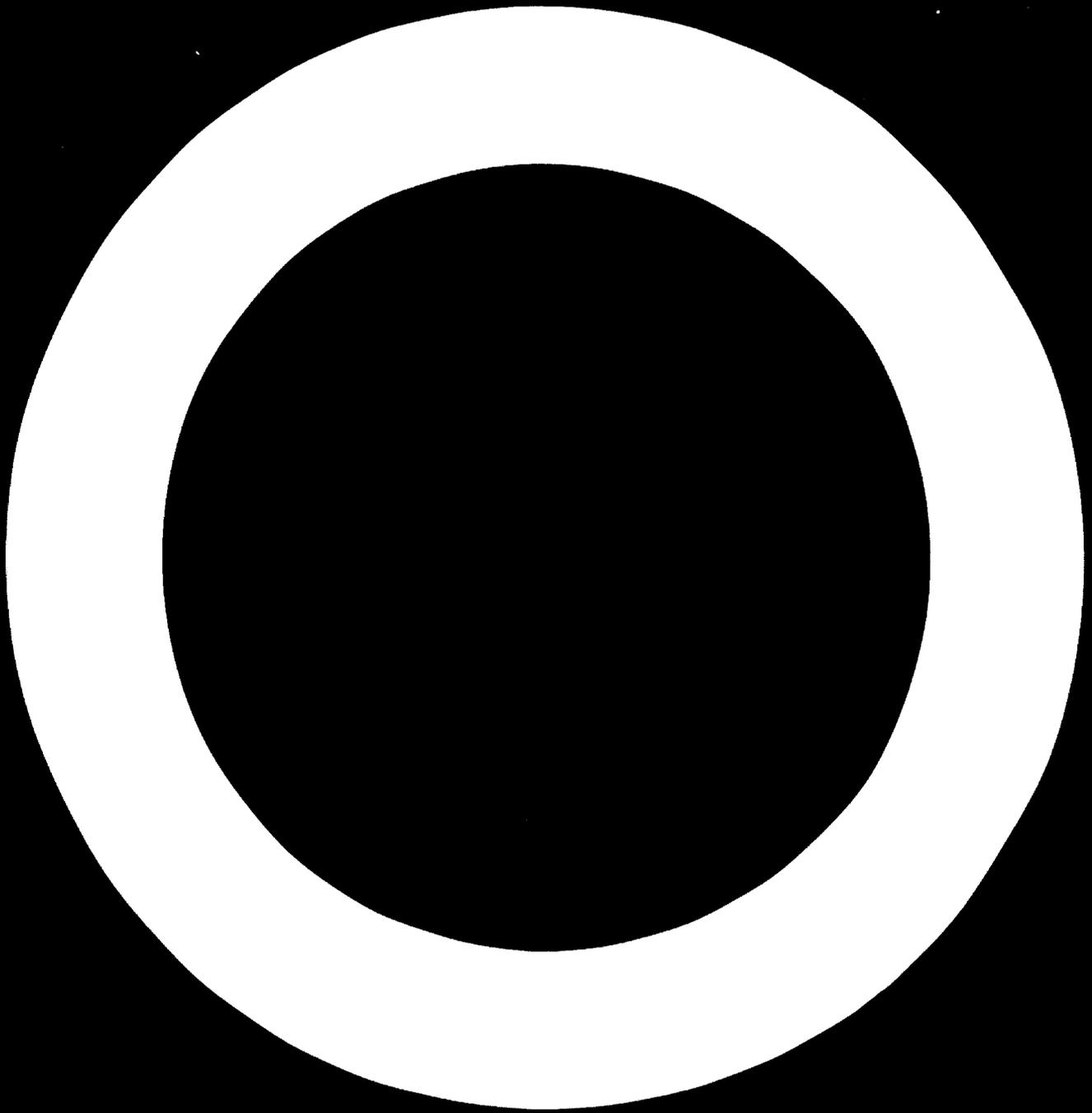
ID/223
(ID/WG.248/17/Rev.1)



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

**ADHESIVOS
UTILIZADOS
EN LAS
INDUSTRIAS
DE ELABORACION
DE LA MADERA**

**Informe de un curso práctico
Viena (Austria), 31 octubre -4 noviembre 1977**



Indice

<u>Capitulo</u>	<u>Página</u>
INTRODUCCION	4
RECOMENDACIONES	5
I. ORGANIZACION DEL CURSO PRACTICO	7
II. ASPECTOS ECONOMICOS DE LA PRODUCCION DE ADHESIVOS A BASE DE RESINAS SINTETICAS	8
III. UTILIZACION DE PRODUCTOS ORGANICOS NATURALES	12
IV. ADHESIVOS A BASE DE RESINAS SINTETICAS	16
V. EQUIPO PARA LA APLICACION DE ADHESIVOS	22
VI. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE ADHESIVOS Y NORMAS CORRESPONDIENTES	24
<u>Anexos</u>	
I. PROGRAMA DEL CURSO PRACTICO	26
II. LISTA DE DOCUMENTOS	27
<u>Figuras</u>	
I. Algunas materias primas procedentes del carbón	18
II. Algunas materias primas procedentes de petróleo crudo	19
III. Diagrama del proceso de producción de urea y melamina	20
IV. Procesos de síntesis de resinas de formaldehído	21

INTRODUCCION

El Curso Práctico sobre adhesivos utilizados en las industrias de elaboración de la madera, organizado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), se celebró en Viena del 31 de octubre al 4 de noviembre de 1977, siendo su principal objetivo analizar los diversos factores que intervienen en la fabricación y el uso de los adhesivos que constituyen no sólo un requisito previo sino también un factor de costo importante para la producción de paneles a base de madera; por ejemplo, madera contrachapada, tableros de alma laminar, tableros enlistonados, tableros de partículas, moldes de madera contrachapada, madera terciada de gran densidad, contrachapado con alma metálica y otros productos laminados de madera empleados en las modernas industrias de elaboración de la madera (tecnología de la madera, laminados de madera encolada, fabricación de muebles, ebanistería, etc):

- a) determinando las necesidades mínimas en materia de producción de adhesivos;
- b) determinando si podrían utilizarse productos naturales existentes en países en desarrollo para producir aglutinantes capaces de sustituir cierto número de resinas sintéticas importadas a precios elevados; y recomendando las futuras investigaciones necesarias en esta esfera;
- c) evaluando los diversos sistemas de extender la cola con miras a su aplicación en los países en desarrollo;
- d) recomendando los métodos de control de calidad y las normas correspondientes a esos productos.

Asistieron a este Curso Práctico participantes de países desarrollados y en desarrollo, quienes recopilaron datos y pautas sobre los temas mencionados, que la ONUDI deberá distribuir en los países en desarrollo a posibles inversionistas, industriales, financieros, organismos gubernamentales y otros órganos normativos, a fin de conseguir que se constituyan en los países en desarrollo industrias de elaboración de la madera económicamente viables. Los participantes en la Consulta Mundial sobre Paneles a Base de Madera que la FAO convocó en Nueva Delhi (India) en febrero de 1975, pusieron de manifiesto la necesidad de difundir tal información, considerando que ello permitirá a los países en desarrollo utilizar en mayor medida los productos naturales que puedan emplearse en dicha industria como aglutinantes o diluyentes, y encontrar las formas óptimas de utilizarlos, e incluso de producirlos en el país, así como los adhesivos sintéticos.

Este Curso Práctico fue un complemento de la Reunión de un Grupo de Trabajo de Expertos en la Producción de Paneles a partir de Residuos Agrícolas que la ONUDI convocó en Viena, en diciembre de 1970, con el propósito de ayudar a los países que, si bien no eran autosuficientes en lo referente a madera y sus productos, disponían de grandes cantidades de desechos agrícolas y de materiales de fibra lignocelulósica no leñosa que no aprovechaban.

RECOMENDACIONES

A continuación se enumeran las recomendaciones del Curso Práctico, agrupadas según los organismos a que están destinadas.

Industria

1. Deben llevarse a cabo estudios de viabilidad completos antes de adoptar cualquier decisión de invertir en el establecimiento de instalaciones de producción de adhesivos en países en desarrollo.

Institutos de investigación

2. Las industrias de producción de taninos y de tableros contrachapados y de partículas ligados con resinas sintéticas deben llevar a cabo la labor de desarrollo de resinas de tanino-formaldehído, basadas en extractos de mimosa, castaño, mangle, quebracho, cocotero, etc., en los países productores de taninos o con potencial para producirlos en el futuro, a fin de que se disponga para el proyecto de los máximos conocimientos técnicos.

3. Se debe prestar mayor atención al desarrollo de tratamientos adecuados de protección de la madera contrachapada.

4. Deben elaborarse métodos normalizados de medición del formaldehído, tanto en el aire como en los paneles de lignocelulosa, y deben tomarse medidas para conseguir su aceptación general.

Gobiernos

5. Con miras a reducir la influencia que tiene el costo del adhesivo sintético utilizado en los paneles de lignocelulosa y, por consiguiente, aumentar sus posibilidades de utilización en viviendas y mobiliario baratos, deben tomarse las medidas siguientes:

- a) Reducir los derechos de importación de los adhesivos sintéticos, taninos y endurecedores si no se fabrican resinas en el país.

- b) Conceder a la inversión los máximos incentivos previstos en la legislación nacional, a fin de fomentar el establecimiento de plantas de fabricación de adhesivos en los países en desarrollo, pues si bien su producción tiene un gran coeficiente de capital, por otra parte contribuye a desarrollar la industria de la madera contrachapada, la cual requiere mucha mano de obra.

6. Los organismos nacionales de normalización y la Organización Internacional de la Normalización (ISO) deben tomar medidas para que las normas correspondientes a productos de madera encolada no excluyan el uso de adhesivos basados en resinas de tanino-formaldehído y otros productos naturales por razones ajenas a los resultados que dan tales productos.

ONUUDI

7. De recibir peticiones a estos efectos, la ONUUDI deberá prestar asistencia técnica a los países productores de tanino, o con capacidad de producirlo en el futuro, para estudiar y obtener resinas de tanino-formaldehído eficaces, basadas en extractos de mimosa, castaño, mangle, quebracho, cocotero, etc.

8. La ONUUDI deberá patrocinar la celebración, dentro de los próximos cinco años, de un curso práctico dedicado exclusivamente a adhesivos basados en productos naturales. Entre tanto, deberá hacer de coordinadora de la labor de investigación en este terreno. Los laboratorios que en ella intervengan deberán presentar a la ONUUDI un informe sobre la marcha de sus trabajos al final de cada año natural. Se pide a la ONUUDI que transmita esta información a las partes interesadas.

9. La ONUUDI deberá encargarse de un estudio que abarque el tema de los diluyentes y de los productos de relleno.

10. La ONUUDI deberá fomentar y apoyar los intentos efectuados por países en desarrollo con escasos recursos de madera y sus desechos de utilizar otras materias primas hasta ahora desaprovechadas, como cáscara de arroz, cáscaras de coco y paja, intentos que exigen una labor apropiada de investigación y desarrollo tecnológico.

11. La ONUUDI deberá recopilar una lista de especificaciones y métodos de ensayo publicados por diversos países, y publicarla como complemento del informe del Curso Práctico. En dicha lista deberá figurar un glosario (en inglés) de términos utilizados en la industria del encolado de la madera.

I. ORGANIZACION DEL CURSO PRACTICO

1. El Sr. M. Aref, Jefe de la Sección de Agroindustrias de la ONUDI, inauguró el Curso Práctico con unas palabras de bienvenida en las cuales hizo referencia a la Declaración y Plan de Acción de Lima en materia de desarrollo industrial y cooperación (ID/CONF.3/31, capítulo IV)^{1/} en sus aspectos relativos al desarrollo, especialmente de la industria de elaboración de la madera.

2. Asistieron al Curso Práctico 23 participantes de los siguientes países: Alemania, República Federal de, Argentina, Australia, Filipinas, Ghana, India, Kenya, Malasia, México, Noruega, Nueva Zelandia, Paraguay, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Suiza, Turquía y Yugoslavia. Figuraban entre ellos personas que ocupaban cargos rectores o de gestión en las industrias de paneles de madera, fabricantes de adhesivos, especialistas en fabricación de equipo para adhesivos, y científicos de institutos de investigación sobre la madera que trabajaban en adhesivos; todos ellos asistieron al Curso Práctico a título personal y no como representantes de sus gobiernos respectivos.

3. También asistieron al Curso Práctico, y tomaron parte activa en él, 13 observadores con antecedentes similares a los de los participantes. Procedían de los siguientes países: Alemania, República Federal de, Austria, Estados Unidos de América, Finlandia, Indonesia, Malasia, Noruega, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y Suiza.

4. El Sr. J. George fue elegido Presidente y el Sr. J.C. Soharenberg Vicepresidente y Relator, actuando como secretarios del Curso Práctico los Sres. A.V. Bassili y H. Eldag, de la Secretaría de la ONUDI. Los siguientes participantes actuaron como moderadores de debate:

Tema del programa

J.C. Soharenberg

Aspectos económicos de la producción de:

- a) adhesivos a base de resinas sintéticas;
- b) resinas basadas en productos naturales.

K.F. Plomley

Utilización de productos orgánicos naturales:

- a) investigaciones realizadas;
- b) aplicación industrial.

^{1/} Transmitido a la Asamblea General mediante una Nota del Secretario General (A/10112).

J. Reinhardt

Aplicación industrial de los adhesivos sintéticos en:

- a) paneles de lignocelulosa;
- b) laminados de madera encolada y productos de madera para usos técnicos;
- c) ebanistería y muebles.

S. Senn

Equipo para la aplicación de:

- a) adhesivos listos para su uso;
- b) mezclas de adhesivos y partículas;
- c) capas de adhesivos.

J. George

Procedimientos y equipo de ensayo de adhesivos.

5. Se adoptó por unanimidad el programa que figura en el Anexo I. Se encargaron especialmente para este Curso Práctico doce documentos (véase el Anexo II). El idioma de trabajo fue el inglés.

II. ASPECTOS ECONOMICOS DE LA PRODUCCION DE ADHESIVOS A BASE DE RESINAS SINTETICAS

6. Las dos monografías preparadas para este tema fueron presentadas por sus respectivos autores. Se trataba de "Economics of production of synthetic resin adhesives", de J. George (ID/WG.248/3) y "Economic aspects of tannin extracts as wood adhesive binders" de J.C. Scharenberg (ID/WG.248/7)^{2/}. A continuación se exponen las cuestiones formuladas en el debate sobre este tema.

7. La viabilidad económica de la fabricación de adhesivos a base de resinas para la industria de fabricación de paneles de lignocelulosa en países en desarrollo depende de que se disponga de tecnología adecuada para la materia prima, de mercados interiores y de exportación para los productos terminados y de los costos de inversión relacionados con el mercado existente.

Consideraciones técnicas

8. Las principales resinas necesarias para las industrias de elaboración de madera son:

- Urea-formaldehído (UF)
- Fenolformaldehído (FF)
- Resinas de urea-melamina-formaldehído (UMF)
- Resorcinol-formaldehído (RF)
- Fenol-resorcinol-formaldehído (FRF)

^{2/} Véase Anexo II. Otro documento de la ONUDI que trata de este tema es: "Pegamentos de resinas sintéticas; volumen y técnicas de producción; comercio mundial" (ID/WG.83/8), de A.G. Seljestad.

Esos productos pueden fabricarse en las mismas cubas de reacción y en las mismas condiciones de fabricación aproximadamente. No se examinaron los adhesivos a base de acetato de polivinilo (PVA), masas fundidas calientes, resinas epoxidicas, acrílicos, isocianatos, caucho, etc., debido a los pequeños volúmenes que representaban.

9. Las resinas de UF se utilizan en la fabricación de tableros de partículas y de madera contrachapada para uso en interiores (muebles, puertas, etc.); las de FF para uso al aire libre (chapas para forro de paredes, encofrados de hormigón, etc.) y las resinas de UMF son para usos semiexternos en los cuales no se requiere una unión totalmente impermeable. Las resinas de RF son adhesivos para el trabajo de la madera que fraguan en frío totalmente impermeables.

10. Las principales materias primas empleadas en la producción de adhesivos sintéticos son la urea, el fenol, la melamina y el resorcinol que pueden obtenerse mediante procesos petroquímicos, y el formaldehído que puede obtenerse por oxidación y/o deshidrogenación de metanol, que es otro producto de la industria petroquímica. (Véanse los diagramas de proceso en el cap. IV.) La urea, el fenol, la melamina y el resorcinol pueden considerarse como 100% sólidos, para fines de fabricación de resinas, mientras que el formaldehído puede obtenerse como sólido que contiene hasta el 98% de ingrediente activo o como solución con un máximo del 55% de ingrediente activo, o como concentrado de UF con un 85% de ingrediente activo.

11. Entre otras materias primas posibles figuran:

- a) productos naturales que reaccionen con el formaldehído (taninos, etc.);
- b) diluyentes y productos de relleno inertes (harinas de trigo, harina de cáscaras de nuez y coco, serrín, etc.);
- c) endurecedores y retardadores químicos.

Al estudiar la viabilidad de una planta de fabricación de resinas, sólo es necesario discutir las de UF y FF pues representan más del 95% de las resinas utilizadas para la fabricación de paneles de lignocelulosa.

Comercialización

12. Los países en desarrollo que consideren la posibilidad de fabricar resinas deben tener en cuenta el mercado, interno o de exportación, que tendría el producto. Por razones obvias, las resinas que se vayan a fabricar se venderán casi exclusivamente en el mercado nacional, mientras que los tableros de partículas y/o la madera contrachapada producidos podrán venderse en el país o exportarse.

13. Una tonelada de tableros de partículas, recortados y lijados, consumirá de 60 a 100 kg de resina de UF con un 100% de sólidos, o de 60 a 120 kg de resina de FF con un 100% de sólidos. La cantidad correspondiente de resina fenólica utilizada para tableros de láminas muy delgadas y tableros de fibras es aproximadamente la mitad de la arriba mencionada, pero su costo unitario sería muy superior.

14. Resulta bastante más difícil generalizar con respecto al consumo medio de resina para el contrachapado, ya que variará según el número de líneas de cola por lámina, el espesor de cada chapa, la cantidad de diluyente utilizado y el tipo de madera que se elabore. Con respecto a la madera contrachapada unida con UF, tal vez quepa decir que las más corrientes son las hojas de unos 4 mm de espesor (estructura de 3 capas) y, en el caso de los tableros de madera contrachapada unidos con FF, podrían ser las hojas de 12 mm (estructura de 5 capas). Teniendo en cuenta lo anterior, en el caso de las resinas de UF con una adición del 100% de diluyente, el consumo medio por metro cúbico sería de unos 20-25 kg de resina sólida al 100% para estructura de 3 capas, en tanto que en el caso de las resinas de FF con una adición del 20% de diluyente, el consumo medio podría estimarse en 25-30 kg de resina sólida al 100% para estructuras de 5 capas.

15. Si se efectuara en cada país un estudio del mercado de tableros de partículas y madera contrachapada teniendo presentes esos factores, se podría determinar el mercado potencial de resinas por países.

Materias primas

16. Es probable que en los países con un mercado reducido escaseen o falten por completo las materias primas para la fabricación de resinas, por cuya razón habrá que importarlas de países más desarrollados.

17. Como precios^{3/} característicos (noviembre 1977) de esos productos pueden citarse (por tonelada^{4/}, f.o.b.): paraformaldehído, 700 dólares; formalina (solución al 37%) 120 dólares (equivalente a 300 dólares a concentración similar al paraformaldehído al 92%); concentrado de UF (80%), 160 dólares.

^{3/} El término dólares y el signo correspondiente (\$) se refieren a dólares de los EE.UU.

^{4/} El término toneladas se refiere a toneladas métricas.

18. Los precios aproximados de las demás materias primas son los siguientes:

	<u>(Dólares por tonelada)</u>
Urea	130
Fenol	500
Tanino (quebracho y mimosa)	450-500

Las resinas de UF y FF en polvo se cotizan aproximadamente a 400 y 700 dólares por tonelada, respectivamente.

19. En todo proyecto de fabricación de resina deben tenerse en cuenta:

- a) las diferencias existentes entre los derechos de importación de los adhesivos sintéticos y de las materias primas necesarias para su producción;
- b) las tarifas de transporte de las materias primas anhidras y el adhesivo sintético en polvo;
- c) el nivel tecnológico que debe tener la instalación productora de resinas en relación con su costo de instalación;
- d) la disponibilidad de la tecnología y de la mano de obra especializada necesarias para establecer la planta de resina, promover el producto entre sus usuarios y prestarles servicios técnicos;
- e) las complicaciones que plantea el transporte de productos químicos peligrosos como el formaldehído y el fenol;
- f) las complicaciones relativas a la adquisición de las distintas materias primas necesarias;
- g) las economías de escala.

20. Las materias primas sintéticas se pueden sustituir en parte por taninos naturales, si un estudio comparativo y detallado de los costos y de la disponibilidad de ambos tipos de productos en las condiciones que prevalecen en el país demuestran que ello resulta económico. Los taninos pueden utilizarse como aceleradores del endurecimiento de la resina fenólica en la producción de madera terciada.

Inversión

21. Las dimensiones de una planta de producción de adhesivos sintéticos pueden variar en función del mercado que tenga el producto terminado, debiendo asimismo conformarse a los costos de las materias primas disponibles, más los de mano de obra y de capital fijo, comparados con el costo del adhesivo sintético importado. Este último costo comprenderá los impuestos y derechos, que se podrían aumentar con miras a proteger a la industria local, pudiéndose también conceder un trato preferencial a las materias primas.

22. El costo de la planta variará considerablemente y no se pueden dar cifras. Cada caso debe evaluarse a la luz de las condiciones imperantes y de las necesidades del país. Las plantas de resina más pequeñas pueden funcionar con éxito con paraformaldehído o concentrado de UF importado de ultramar y/o formalina al 37% importada de países vecinos. Los gastos que supondría el transporte de cantidades más importantes de esos productos destinadas a plantas de resina más grandes impedirían que la explotación de éstas fuera económica, de manera que debería instalarse una planta de formaldehído para competir con la resina acabada importada a unos precios relativamente más bajos. Es posible diseñar una planta de formaldehído con una capacidad de producción anual de 300 a 10.000 toneladas, y su costo variará según el proceso que se utilice.

III. UTILIZACION DE PRODUCTOS ORGANICOS NATURALES

23. Se presentaron dos documentos: "Review of past research on utilization of naturally occurring organic products as replacement of synthetic phenolics in wood adhesives", de E. Kulvik (ID/WG.248/2) y "The formulation and industrial application of naturally occurring polyphenol (tannin) adhesives in the wood based panel industry" de K.F. Plomley (ID/WG.248/6) y una bibliografía anotada sobre la utilización de productos orgánicos naturales como adhesivos de la madera. En el primer documento se señalaron las siguientes cuestiones:

- a) Puede que, en el futuro próximo, la oferta de metanol sea suficiente. Sin embargo, se considera que la oferta a largo plazo de fenol y resorcinol no es tan segura, pues aumenta sin cesar la demanda de benceno para otros fines.
- b) A largo plazo, se puede asegurar mejor la disponibilidad de fenoles para fabricar adhesivos para madera modificando las resinas sintéticas con productos minerales. Como consecuencia de las escaseces y los aumentos de precio -intermitente y a escala mundial- del fenol y el resorcinol sintéticos, se ha intensificado la búsqueda de sustancias naturales más baratas y no petroquímicas que puedan sustituirlos en los adhesivos destinados a las industrias de la madera.
- c) De vez en cuando, se han recibido comunicaciones relativas a investigaciones sobre obtención de adhesivos fenólicos a partir de fuentes naturales, entre las cuales figuran:

Los polifenoles de los taninos vegetales comerciales;
Los polifenoles procedentes de otros extractos de madera y corteza;
La lignina, como la existente en el licor de sulfito agotado.

Se han sugerido todos estos productos para sustituir parcial o totalmente al fenol en los adhesivos de fenolformaldehído destinados a la fabricación de madera contrachapada y de tableros de partículas. También se ha estudiado el empleo de algunos de esos productos naturales como sustituto del resorcinol en los adhesivos a base de esta sustancia y para acelerar el endurecimiento de los adhesivos de FF.

- d) Se comunica que la sustitución de fenoles sintéticos por productos fenólicos naturales, procedentes especialmente de diversos extractos de tanino, constituye una práctica comercial bien arraigada en cierto número de países y que ha reportado considerables beneficios económicos. Tienen particular interés los recursos disponibles dentro del país consumidor del adhesivo, pues en este caso la sustitución redunda en beneficio tanto del producto nacional como de la balanza de pagos del país. Muchos países en desarrollo disponen de valiosas fuentes naturales de fenoles y debe prestarse especial atención a la identificación de las mismas y a la determinación de las posibilidades de usarlas para sustituir cierta cantidad de materias fenólicas sintéticas.
- e) Los adhesivos a base de licor de sulfito agotado cumplen ciertas normas aplicables a la madera contrachapada y a los tableros de partículas, pero se sugiere que los taninos tienen más posibilidades de sustituir al fenol y al resorcinol sintéticos que los productos de lignina.
- f) Se ha demostrado que el tanino de castaño, si bien no tiene tantas posibilidades de sustitución como algunos taninos condensados, posee cierto valor como sustituto del fenol. Parece que puede sustituir un máximo del 50% del fenol sintético en una resina alcalina normal de FF para encolado de madera contrachapada y satisfacerse aun los requisitos de la norma BS 1455 (1972) para el encolado de paneles a base de madera. En Malasia, la resina sintética modificada con tanino de castaño se utiliza industrialmente para fabricar madera contrachapada en las mismas condiciones que la resina no modificada. Este producto también es un acelerador eficaz y barato del endurecimiento de las resinas de FF.

24. Durante el debate, se mostró interés por el tanino de mangle como posible base de adhesivos. La experiencia ha demostrado que se podía preparar con él un buen adhesivo para madera contrachapada, si bien era probable que el costo de los compuestos fuera superior al correspondiente al tanino de mimosa por necesitarse una mayor proporción para fortificar la resina. Además, la variabilidad de la viscosidad constituía un problema en los extractos comerciales.

25. Se comunicó el uso industrial en la Argentina del tanino de quebracho como sustituto de un 50%, aproximadamente, de fenol sintético en resinas fenólicas, si bien era necesario seguir trabajando en este extracto. El tanino de quebracho se utilizaba industrialmente en Finlandia como acelerador del endurecimiento de adhesivos de resinas fenólicas para madera contrachapada.

26. He aquí dos de las cuestiones que se ponen de relieve en el segundo documento:

- a) Se conocía desde hace muchos años la posibilidad de utilizar los taninos condensados como sustitutos del fenol y del resorcinol en adhesivos para madera y se había acumulado en los últimos 25 años un volumen de información considerable sobre las propiedades de los taninos y las composiciones y propiedades de los adhesivos a base de estas sustancias. Un resultado de esta investigación ha sido el uso comercial de adhesivos para madera basados en extractos de corteza de mimosa y de madera de quebracho.
- b) Los adhesivos basados en el tanino de mimosa comercial se han utilizado en Australia en la fabricación de madera contrachapada para su uso a la intemperie, a partir de 1960, y de tableros de partículas a partir de 1969. Se han preparado, en condiciones de laboratorio, compuestos que fraguan en frío o en caliente y que se endurecen por calentamiento con corrientes inducidas de hiperfrecuencias. Los compuestos de fraguado en caliente se han utilizado comercialmente en Sudáfrica. Actualmente se utiliza industrialmente en esos dos países el tanino de mimosa como sustituto del resorcinol en las colas de almidón resistentes a la humedad y destinadas al cartón ondulado. En la Argentina se han utilizado comercialmente adhesivos para tableros de partículas basados en el extracto de quebracho.

En el debate que tuvo lugar al respecto de plantearon otras cuestiones, que se exponen en los párrafos siguientes.

27. Se ha instalado en Nueva Zelandia una planta experimental de fabricación de extracto de corteza de Pinus radiata, destinado específicamente a la producción de adhesivos. Los taninos condensados también se utilizan para acelerar el curado de los adhesivos de resinas fenólicas, en sustitución del resorcinol.

28. Los adhesivos de tanino de mimosa se utilizan como sustitutos de los adhesivos de FF y RF. En tales aplicaciones exhiben gran durabilidad en ensayos de exposición a la intemperie y de alteración acelerada debida a agentes atmosféricos, y satisfacen las normas pertinentes, que se basan en los resultados de los adhesivos sintéticos. La madera contrachapada y los tableros de partículas encolados con adhesivos de tanino de mimosa cumplen las especificaciones pertinentes entre las cuales figura la inmersión en agua hirviendo durante 72 horas.^{5/}

^{5/} Asociación de Normalización de Australia (1963) - AS 087 Madera contrachapada para uso al aire libre. Asociación de Normalización de Australia (1976) - AS 1859 Tableros de partículas planos prensados.

29. Se han llevado a cabo durante 15 años ensayos de alteración por agentes atmosféricos de paneles de madera contrachapada encolados con adhesivos de tanino de mimosa sin que se hayan desprendido las partes encoladas. Se han llevado a cabo ensayos de envejecimiento acelerado con tableros de partículas comerciales encolados con adhesivos de tanino de mimosa y formaldehídos (TF), comparándose los resultados con los de los tableros encolados con adhesivos de FF y UF. En un ensayo consistente en sumergir un tablero en agua a 40°C durante 24 horas y volverlo a secar durante 6 días, repitiéndose este ciclo hasta 15 veces, los tableros encolados con TF y con FF dieron resultados similares que, en ambos casos, fueron muy superiores a los de los tableros encolados con UF. Tras haber estado sometidos durante tres años a la humedad a 38°C, los adhesivos de TF y FF dieron resultados similares.

30. Los adhesivos a base de tanino no modificado difieren de los adhesivos sintéticos de FF en la relación existente entre la humedad de la madera y de la cola. Se considera que la comprensión de esta característica es de suma importancia para el empleo con éxito de adhesivos al tanino. Cuando los adhesivos al tanino están en contacto con la madera, pierden humedad con más rapidez que las resinas de FF, y la cantidad mínima de humedad en el adhesivo que se precisa para que éste fluya en la prensa caliente es mayor. Esto puede tener efectos importantes en todas las etapas del proceso de encolado, ya que influye sobre la transferencia de cola, la adhesión anterior al prensado y el resultado del encolado. La situación se mejora llevando a cabo modificaciones relativamente pequeñas en la composición y controlando las condiciones de encolado, montaje y prensado.

31. En la actualidad, lo que limita el uso de adhesivos al tanino es más su costo que la falta de tecnología y de oferta de extractos adecuados. Es probable que esta situación cambie, sobre todo al disminuir los recursos de petróleo. Se recomienda que prosigan las investigaciones y se orienten hacia la mejora de composiciones de adhesivos basadas en taninos disponibles y hacia el descubrimiento de nuevos taninos con propiedades útiles. Asimismo, debe intercambiarse información, especialmente con los países en desarrollo y con aquellos países en los que se pudiera establecer una industria de extracción adicional y en los que los aspectos económicos pudieran favorecer el uso de adhesivos al tanino.

32. El Curso Práctico tomó nota de la "Annotated bibliography on the research done on the use of naturally occurring adhesives for wood processing"

industries" de J. George (ID/WG.248/5)^{6/}. Se pidió a los participantes que comunicaran a la Secretaría de la ONUDI todo trabajo reciente al respecto, a fin de que pudiera incorporarse en una adición al documento mencionado y que la ONUDI publicara una bibliografía actualizada similar.

IV. ADHESIVOS A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

33. En relación con este tema se prepararon y discutieron tres trabajos, a saber: "Industrial application and formulation of synthetic resin adhesives in the wood based panel industry" de J. Reinhardt (ID/WG.248/9); "Formulation and industrial application of synthetic resin adhesives in the gluelam beam and timber engineering industry" de H.C. Kolb (ID/WG.248/10); y "Formulation and industrial application of synthetic resin and special adhesives used in the joinery and furniture industries and other specialized wood products" de E.J. van der Straeten y T.I. Mynott (ID/WG 248/4).^{7/} A continuación se resumen las principales cuestiones tratadas en ellos.

34. En las fábricas de tableros de partículas y madera contrachapada tiene lugar la mayor parte del consumo actual de adhesivos sintéticos basados en formaldehído. Dichos adhesivos sintéticos utilizan materias primas derivadas de la industria petroquímica, con las excepciones de la urea y la melamina. En las figuras I a IV se indican las diversas vías de transformación de las materias primas en resinas de formaldehído. Según puede verse en esos diagramas de proceso, las limitaciones a la disponibilidad de las materias primas debieran ser muy pocas o nulas, sobre todo en regiones en que abundan el gas natural o el petróleo bruto. Sin embargo, al disminuir la disponibilidad de este último y, en menor medida, la de carbón, existe la posibilidad de que escasee la materia prima. Los precios mundiales de las materias primas dependen de los precios del petróleo de alimentación. La demanda de petróleo crudo está aumentado y podría llegar a superar a la oferta. Se calcula que actualmente, en la industria química, se utiliza menos del 5% del volumen mundial de petróleo crudo. La disponibilidad y el precio de las materias primas están estrechamente relacionadas entre sí y se prevé que, siempre que

^{6/} Véase también H. Augustin, "Annotated bibliography on the utilization of agricultural residues and non-wood fibrous material for the production of panels" (ID/WG.83/16).

^{7/} Otros documentos de la ONUDI que tratan de este tema son: "Empleo de colas y otros pegamentos en la fabricación de muebles y la ebanistería" de J. Meriluoto, (ID/WG.10/26/Rev.1); y "Adhesives for wood" de J. Reinhardt, (ID/WG.200/3).

puedan lograrse unos precios realistas para las resinas, los fabricantes de resinas sintéticas podrán hacer ofertas competitivas para adquirir sus materias primas. Si no se pueden conseguir precios realistas para la resina, la industria química pesada orientará sus materias primas hacia mercados en los cuales se obtenga una mayor remuneración del capital, y en tal caso se podrían plantear problemas de oferta y precios de las resinas basadas en formaldehído. Por consiguiente, es preciso encontrar otras posibles materias primas suplementarias para fabricar adhesivos para madera.

35. La costumbre de utilizar cera (en emulsión o fundida) en la fabricación de tableros de partículas puede justificarse porque la adición de cera hacía a los tableros más impermeables al agua en fase líquida. La cera fundida también podía contribuir, en la producción de tableros de copos, a fijar las partículas de resina en los copos y que la emulsión de cera en general confería ciertas propiedades de "deslizamiento" en los mezcladores de resinas y las cintas transportadoras, en los puntos de conformación de los tableros y en las hormas.

36. El tratamiento de conservación de los paneles puede dividirse en:

- a) Tratamiento contra el ataque de los insectos;
- b) Tratamiento contra el ataque de los hongos.

La conservación puede conseguirse:

- a) Tratando las chapas o las partículas antes de aplicar el adhesivo;
- b) Incorporando agentes conservadores en los adhesivos;
- c) Tratando a posteriori el panel encolado y terminado.

No existe una solución universal al problema del tratamiento de conservación de la madera contrachapada y de los tableros de partículas.

37. Se utilizan aditivos para mejorar la resistencia de los tableros de partículas a los insectos y a los hongos. Por ejemplo, en la República Federal de Alemania existen cinco agentes conservadores aprobados para la protección de los tableros de partículas contra los hongos que cumplen con los requisitos del Instituto Federal de Ensayos de Materiales, de Berlín (Occidental).

38. El tratamiento de la madera contrachapada resulta más difícil. La Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth (CSIRO), de Australia, el Laboratorio de Productos Forestales del Reino Unido y los

FIGURA I. ALGUNAS MATERIAS PRIMAS PROCEDENTES DEL CARBON

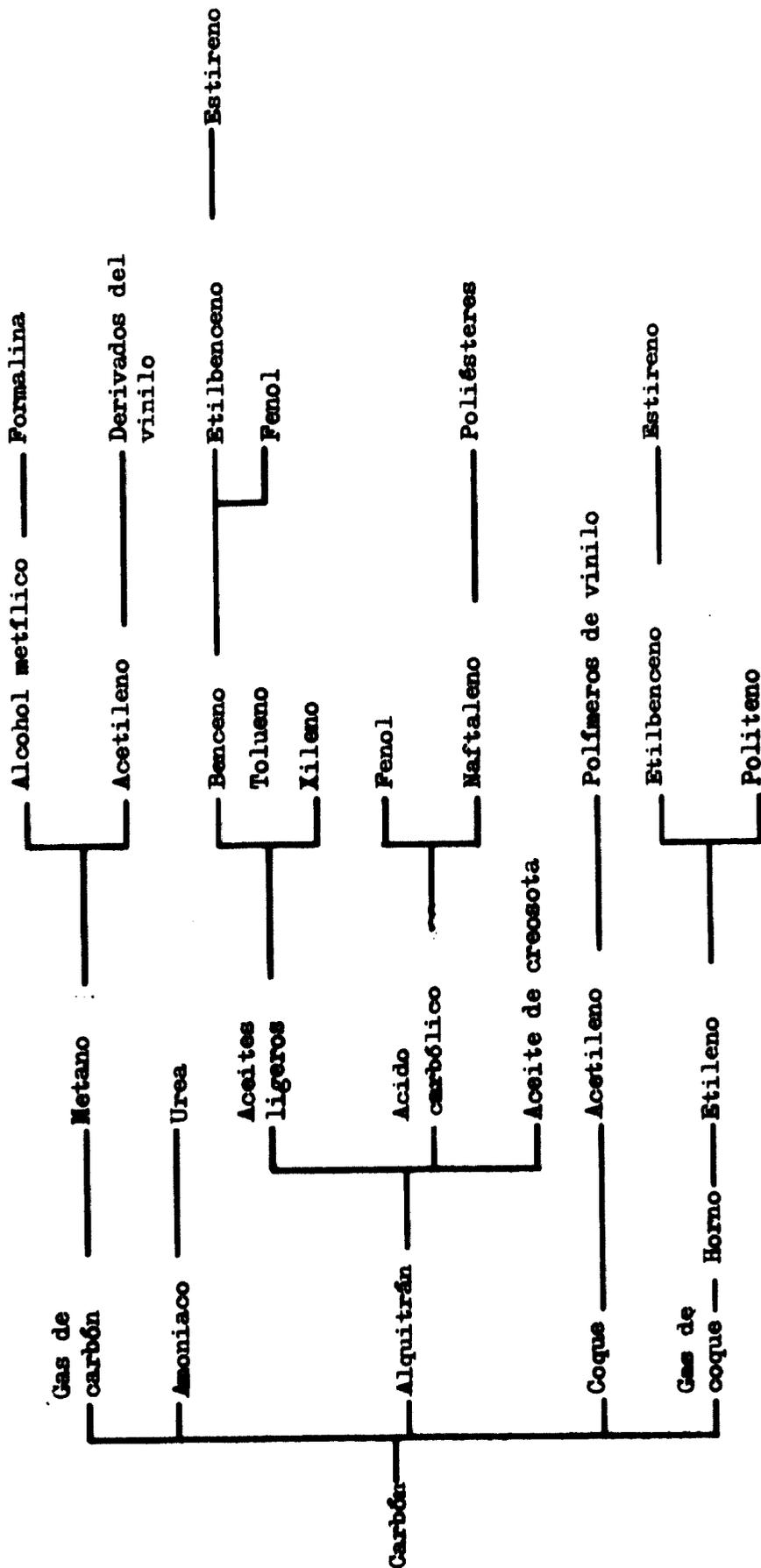


FIGURA II. ALGUNAS MATERIAS PRIMAS PROCEDENTES DE PETROLEO CRUDO

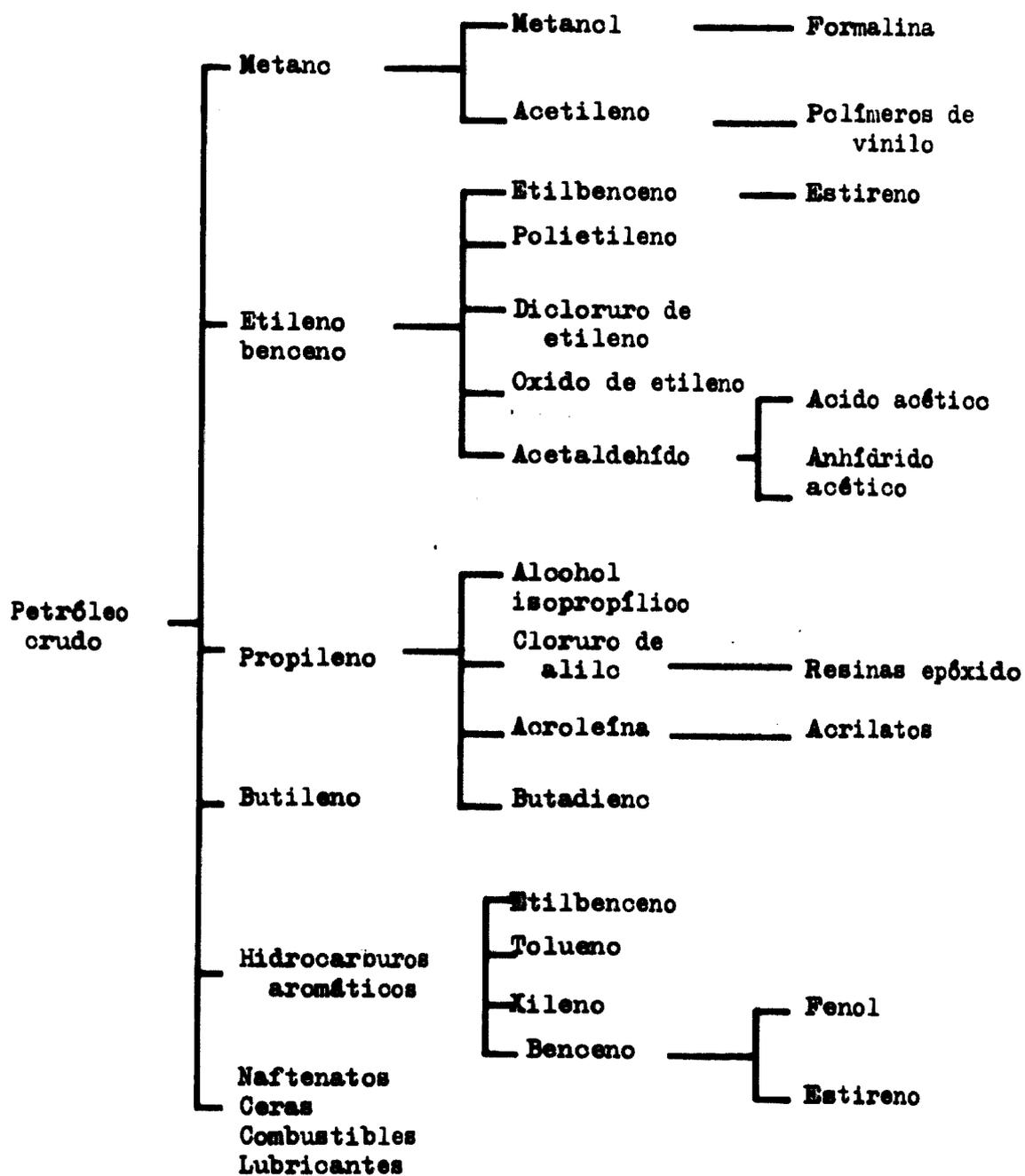


FIGURA III. DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCION DE UREA Y MELAMINA

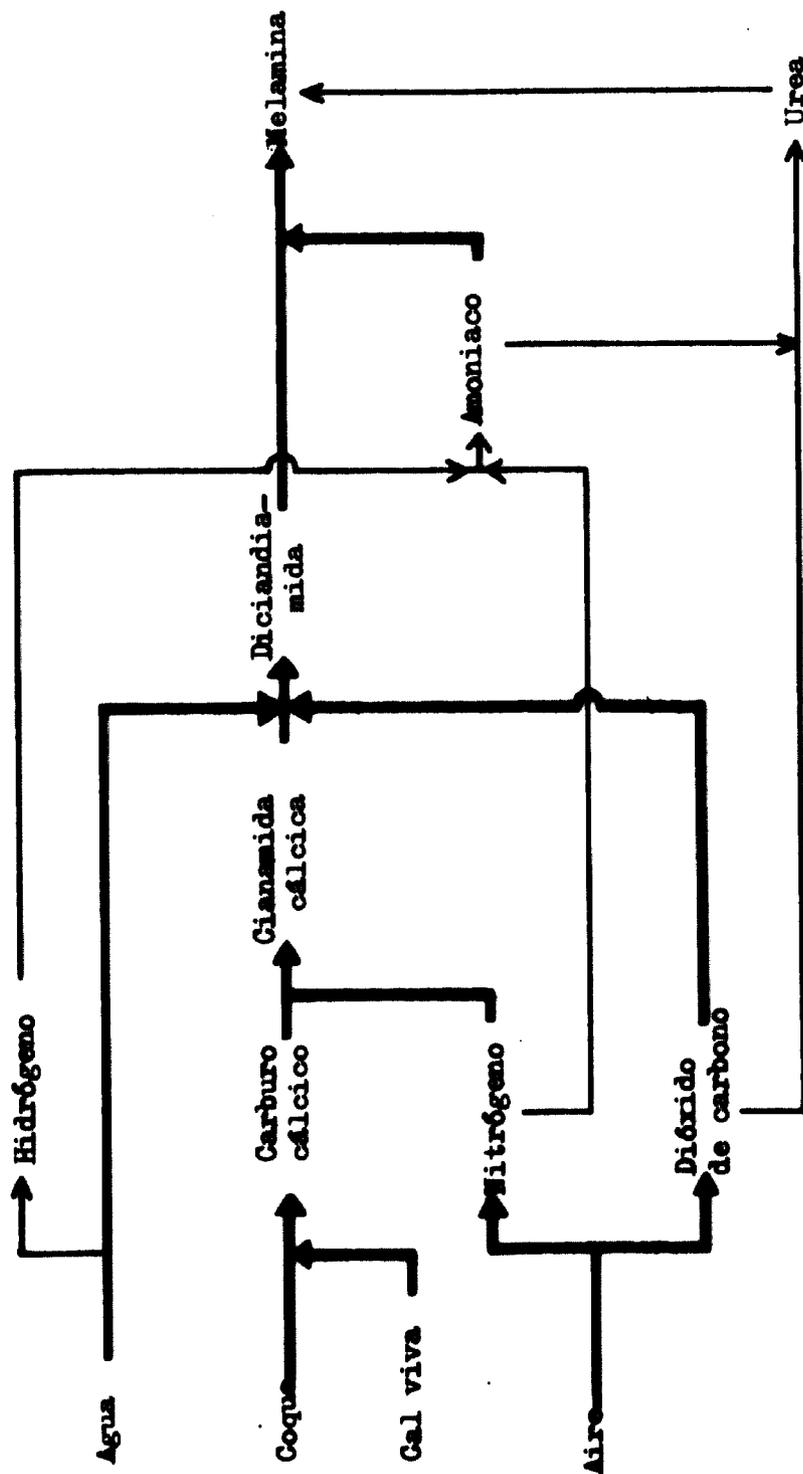
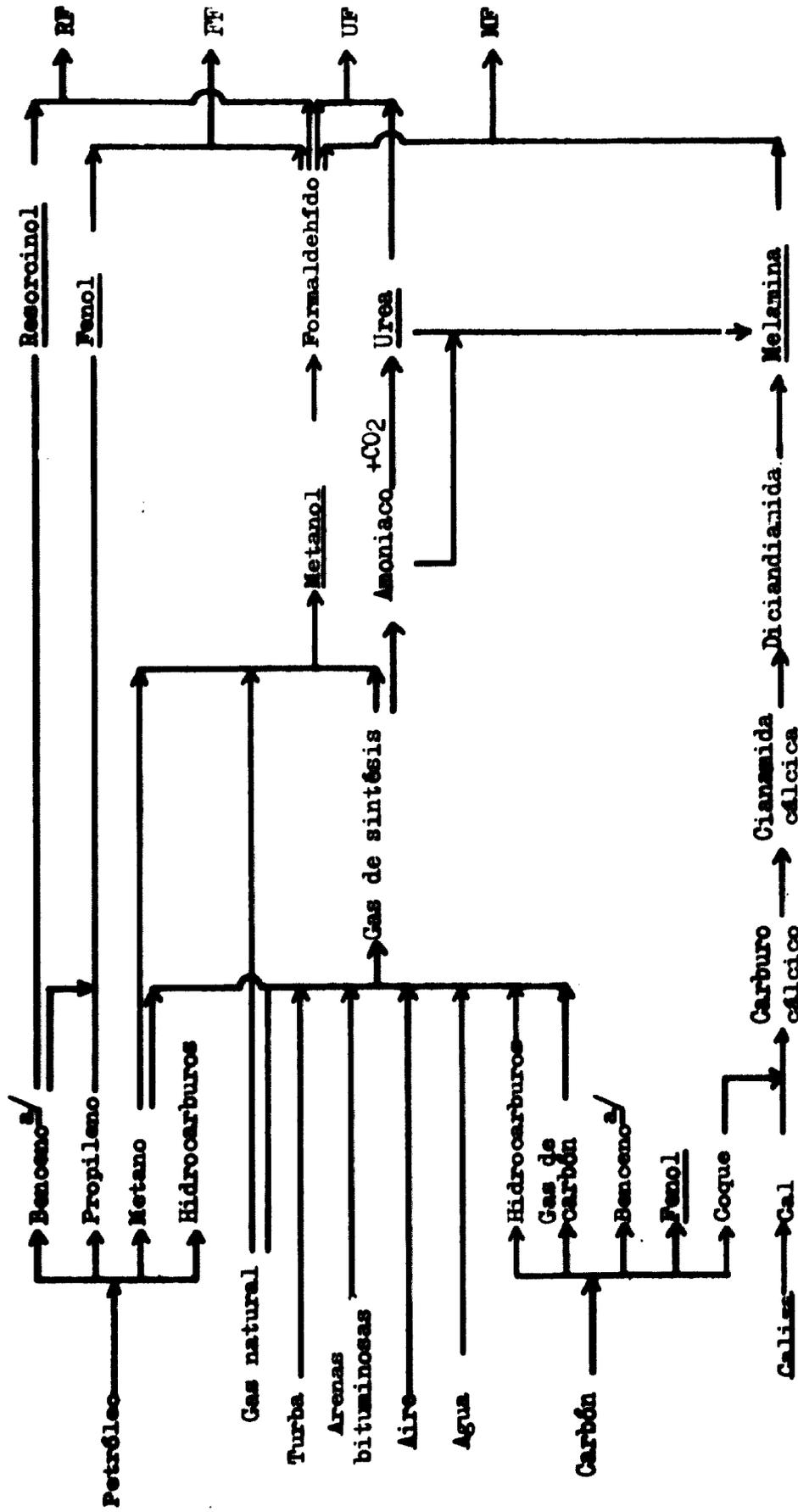


FIGURA IV. PROCESOS DE SINTESIS DE RESINAS DE FORMALDEHIDO



^{a/} Para producir fenol y resorcinol puede utilizarse el benceno procedentes de cualquiera de las dos fuentes.

fabricantes de agentes conservadores han trabajado mucho en este terreno. El agente conservador ideal que satisface todos los requisitos (compatibilidad con el adhesivo, protección contra todos los riesgos y aceptabilidad universal para todas las legislaciones relativas a la toxicidad del agente conservador para los seres humanos) todavía no se ha puesto a punto. Debía prestarse mayor atención a esta labor.

39. Se señaló a la atención del Curso Práctico la creciente publicidad que se daba al desprendimiento de formaldehído de los paneles de lignocelulosa. Se había afirmado que el formaldehído suponía un grave riesgo para la salud e incluso que era carcinógeno. Los oradores insistieron en que no había datos que confirmaran tales afirmaciones y señalaron que éstas podrían desacreditar de manera injustificada los paneles a base de madera. En consecuencia, ello podía repercutir en el comercio mundial de esos materiales.

40. Los oradores reconocieron que el formaldehído gaseoso en el aire, inclusive en concentraciones tan bajas como 1 ppm, producía reacciones fisiológicas temporales desagradables.

41. Algunos países ya estaban implantando normas para limitar el desprendimiento de formaldehído de los paneles de lignocelulosa, y especialmente de los tableros de partículas. Estas normas tenían por objeto reducir la emisión a cantidades que, de una manera general, no ocasionaran molestias ni siquiera en habitaciones que contuvieran grandes cantidades de productos de paneles de lignocelulosa.

V. EQUIPO PARA LA APLICACION DE ADHESIVOS

42. Se presentaron al Curso Práctico y se discutieron tres trabajos preparados sobre este tema, a saber: "Equipment for preparing ready-to-use adhesives" por el Sr. S. Senn (ID/WG.248/12), "Mixing equipment for glue coating of wooden chips or irregular particles of similar shape", por el Sr. K. Engels (ID/WG.248/13), y "Equipment for glue coating of adhesives in the wood processing industry" por el Sr. H. Funke (ID/WG.248/11).^{8/} A continuación se resumen las principales cuestiones.

^{8/} Otro documento de la ONUDI que trata del tema es "Selección de maquinaria de encolado" por los Sres. E. van der Straeten y J. Reinhardt (ID/WG.151/18).

43. Con respecto al equipo de mezcla de la cola en la industria de tableros de partículas se deben utilizar métodos mecánicos para evitar los costosos aparatos de control electrónico, velando al mismo tiempo por que el elemento humano no se convirtiera en un riesgo al mezclar la cola. La mezcla de cola lista para su uso debía contener todos los componentes y, por razones de seguridad y de economía, no se recomendaba la mezcla durante el proceso de fabricación ni la aplicación separada de los componentes. Sin embargo, la aplicación separada de cera podría constituir un procedimiento aceptable.
44. La adición de almidón, cera, fungicidas y otros aditivos especiales era opcional y dependía de las condiciones que debiera satisfacer el tablero. Debía evitarse una mezcla excesiva de los componentes de la cola a fin de que no se formara demasiada espuma y quedara reducido al mínimo el riesgo de insuficiente aplicación de sólidos en la cola. El equipo de mezcla para aplicar cola a las partículas descrito en los documentos reflejaba principalmente las necesidades de los países desarrollados. En el caso de los países en desarrollo, donde las plantas suelen tener capacidades menores, podrían reducirse al mínimo la inversión y el mantenimiento utilizando sólo un mezclador para encolar alternativamente el material de superficie y del interior, lo cual resultaba posible gracias al tiempo de retención más corto de los mezcladores modernos. Las variaciones de viscosidad de la cola no plantean problemas con el equipo moderno. La simple dosificación precisa de la proporción entre cola y partículas requiere la presencia de un operario de confianza. En la mayoría de los casos, el empleo de cintas transportadoras para transportar las partículas revestidas de resina satisfará las necesidades de los países en desarrollo. La experiencia ha demostrado que ciertos aparatos no esenciales, como los de medida, dejan de emplearse poco después de que la planta sea operacional lo cual indica que es necesario efectuar una determinación cuidadosa de los artículos que se consideran esenciales. Se pueden incorporar sistemas adicionales de control en una etapa posterior, siempre y cuando se haya tenido presente esta posibilidad durante la planificación.
45. La experiencia ha demostrado que otras materias primas lignocelulósicas, por ejemplo, bagazo, cáscaras de arroz o fibra de coco, pueden revestirse con cola utilizando el equipo existente. Sin embargo, debe llevarse a cabo a este respecto más labor de desarrollo tecnológico. La ONUDI debería fomentar el empleo de esas y otras materias primas lignocelulósicas.

46. Los distintos aplicadores de cola utilizados en las industrias de madera contrachapada, de laminados de madera encolada y de fabricación de muebles están diseñados para productos concretos. Por consiguiente, los artículos que se manufacturen limitarán la selección del equipo. Para la fabricación de madera terciada y chapas de revestimiento en los países en desarrollo, el equipo de revestimiento con rodillo suele ser el más adecuado porque acepta una amplia gama de viscosidades de la cola y puede aplicar una amplia gama de pesos de cola por unidad de superficie. Además, no es sensible a los productos de relleno con cierto contenido de partículas sólidas. El empleo de revestidoras de rodillo obliga a controlar el espesor de la chapa para obtener un extendido uniforme. Es posible que, para las chapas finas, haya que reducir la viscosidad de la cola con objeto de que pase bien por los rodillos. Con aplicadores de revestimiento por pulverización la aplicación de cola no es eficiente y se experimentan pérdidas de cola de hasta un 50%. Se pueden plantear problemas al pulverizar resinas con relleno. En las industrias del mueble y de la ebanistería se puede aplicar la cola con pistola, pero es importante limpiar ésta regularmente. En la producción de laminados de madera encolada, en la cual se exige un rápido ritmo de trabajo, se recomiendan las revestidoras de cortina.

VI. PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE ADHESIVOS Y NORMAS CORRESPONDIENTES

47. Se presentó y disintió un documento titulado "Adhesive testing procedures and bonding strength testing equipment" por el Sr. A. Frühwald (ID/WG.248/8), cuyos principales puntos se exponen a continuación.

48. Los ensayos de adhesivos no curados consisten principalmente en la evaluación de la viscosidad, la reactividad, el tiempo de empleo útil, el pH y la concentración de sólidos. Para la determinación de sólidos, una temperatura de 140 - 150°C era demasiado elevada debido a la pérdida de peso ocasionada por la reacción de condensación y por pirólisis. Se utilizan temperaturas más bajas dentro de distintos intervalos de tiempo.

49. No existe acuerdo general sobre la cuestión de si es válido medir la calidad de la madera contrachapada mediante ensayos de rotura de la madera en comparación con ensayos por esfuerzo cortante.

50. En países con especies madereras muy diferentes, se suelen tomar los valores del esfuerzo cortante como medida de calidad para las especies de

frondosas, mientras que para las coníferas se toman los valores de rotura de la madera. Algunos países consideran que ambos valores son necesarios para evaluar la calidad de la madera contrachapada. Los valores de rotura total de la madera dan realmente el valor correspondiente a la resistencia de la madera al esfuerzo cortante, pero no con respecto a la línea de encolado. La única relación existente entre esos valores sería que la resistencia de la línea de encolado al esfuerzo cortante es superior a la de la madera; ninguna otra relación es posible. En el caso de los tableros de partículas existe una estrecha correlación entre resistencia al esfuerzo cortante y cohesión interna. Se recomendó que, para las normas correspondientes a estos tableros, se considerara la adopción de un ensayo de resistencia al esfuerzo constante pues es más fácil de efectuar que el de cohesión interna.

51. Los ensayos efectuados en los mismos tipos de madera contrachapada con arreglo a normas fijadas por la República Federal de Alemania, el Reino Unido y Turquía dan resultados diferentes. También observaron esto diversas naciones asiáticas que exportan a diferentes países, cada uno de los cuales tiene normas distintas; así pues, en octubre de 1977 en la Conferencia de Fabricantes de Madera Contrachapada de Países Asiáticos, se adoptó una Norma Asiática para la Madera Contrachapada, en la cual se dispuso el uso de determinaciones de rotura de la madera y de resistencia al esfuerzo cortante. El Japón utiliza únicamente la resistencia al esfuerzo cortante como medida de calidad, mientras que en los Estados Unidos se especifican tanto el valor de rotura de la madera como el de resistencia al esfuerzo cortante.

52. Deben prepararse y aprobarse normas internacionales para ensayar las líneas de encolado de la madera contrachapada; se ha comunicado que la ISO está preparando una norma de este tipo.

53. Es necesario efectuar ensayos no destructivos de los paneles pues se pierden muchos de éstos a consecuencia de los ensayos destructivos. En los Estados Unidos, se están utilizando métodos de ensayo con ultrasonidos para la madera contrachapada, los tableros de partículas y los laminados de madera encolada, como instrumento eficaz de control continuo de la calidad de la producción, si bien también se llevan a cabo ensayos físicos. Se está estudiando la correlación entre los valores obtenidos en los ensayos con ultrasonidos y los resultantes de ensayos de resistencia física. Sin embargo, parece que los aparatos de ultrasonidos resultarían demasiado avanzados para muchos países en desarrollo.

Anexo I

PROGRAMA DEL CURSO PRACTICO

1. Elección de la Mesa y aprobación del programa.
2. Aspectos económicos de la producción de:
 - a) Adhesivos a base de resinas sintéticas;
 - b) Resinas a base de productos naturales.
3. Utilización de productos orgánicos naturales:
 - a) Investigaciones realizadas;
 - b) Aplicación industrial.
4. Aplicación industrial de los adhesivos sintéticos en:
 - a) Paneles a base de madera;
 - b) Laminados de madera encolada y productos de madera para usos técnicos;
 - c) Ebanistería y muebles.
5. Equipo para la aplicación de:
 - a) Adhesivos listos para su uso;
 - b) Mezclas de adhesivos y partículas;
 - c) Capas de adhesivos.
6. Procedimientos y equipo de ensayo de adhesivos.
7. Procedimientos y normas de control de calidad para montajes encolados.
8. Aprobación del informe.

Anexo II

LISTA DE DOCUMENTOS

Documentos preparados para el Curso Práctico

<u>Signatura</u>	<u>Título y autor</u>
ID/WG.248/1	Programa provisional
ID/WG.248/2	Review of past research on utilization of naturally occurring organic products as replacement of synthetic phenolics in wood adhesives E. Kulvik, A/S Jotungruppen, Sandefjord (Noruega)
ID/WG.248/3	Economics of production of synthetic resin adhesives J. George, Indian Plywood Industries Research Institute, Bangalore (India)
ID/WG.248/4	Formulation and industrial application of synthetic resin and special adhesives used in the joinery and furniture industries and other specialised wooden products E.J. van der Straeten and T.I. Mynott, CIBA-Geigy Plastics and Additives Company, Cambridge (Gran Bretaña)
ID/WG.248/5	Annotated bibliography on the research done on the use of naturally occurring adhesives for wood processing industries J. George, Indian Plywood Industries Research Institute, Bangalore (India)
ID/WG.248/6	The formulation and industrial application of naturally occurring polyphenol (tannin) adhesives in the wood based panel industry K.F. Plomley, División de Investigaciones sobre la Construcción, CSIRO, Melbourne (Australia)
ID/WG.248/7	Economic aspects of tannin extracts as wood adhesive binders J.C. Scharenberg, Compañía Casco SAIC, Buenos Aires (Argentina)
ID/WG.248/8	Adhesive testing procedures and bonding strength testing equipment A. Frühwald, Institut für Holzphysik, Hamburgo (República Federal de Alemania)
ID/WG.248/9	Industrial application and formulation of synthetic resin adhesives in the wood based panel industry J. Reinhardt, CIBA-Geigy Plastics and Additives Company, Cambridge (Gran Bretaña)
ID/WG.248/10	Formulation and industrial application of synthetic resin adhesives in the gluelam beam and timber engineering industry H.C. Kolb, Otto-Graf-Institut, Stuttgart (República Federal de Alemania)
ID/WG.248/11	Equipment for coating of adhesives in the wood processing industry H. Funke, Fachhochschule Rosenheim, Rosenheim (República Federal de Alemania)

- ID/WG.248/12 Equipment for preparing ready-to-use adhesives S. Senn,
FAHRNI Institut AG, Zurich (Suiza)
- ID/WG.248/13 Mixing equipment for glue coating of wooden chips or
irregular particles of similar shape
K. Engels, Draiswerke GmbH, Mannheim (República
Federal de Alemania)
- ID/WG.248/14 Programa y organización de los trabajos

Documentos publicados después del Curso Práctico

- ID/WG.248/Add.1,
Add.2 Adición a la "Annotated bibliography on the research
done on the use of naturally occurring adhesives for
wood processing industries"
- ID/WG.248/15 Lista de participantes
- ID/WG.248/16 Lista de documentos
- ID/WG.248/17 Informe del Curso Práctico

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ha publicado los siguientes estudios sobre usos de la madera:

- ID/10
(ID/WG.49/10/Rev.1) Técnicas para la utilización de la madera como material
de construcción de viviendas en los países en
desarrollo. Informe de un Grupo de Estudio, Viena,
17-21 de noviembre de 1969
Publicación de las Naciones Unidas, núm. de
venta 70.II.B.32
- ID/61
(ID/WG.49/5/Rev.1) Producción de casas de madera prefabricadas
por Keijo N.E. Tiusanen
Publicación de las Naciones Unidas, núm. de
venta 71.II.B.13
- ID/72 Función de la madera como material de embalaje en los
países en desarrollo
por B. Hochart
Publicación de las Naciones Unidas, núm. de
venta 72.II.B.12
- ID/79
(ID/WG.83/15/Rev.1) Producción de paneles a partir de residuos agrícolas
Informe de la Reunión del Grupo de Trabajo de Expertos,
Viena, 14-18 de diciembre de 1970
Publicación de las Naciones Unidas, núm. de
venta 72.II.B.4
- ID/108/Rev.1 Industrias del mueble y de la ebanistería para países
en desarrollo
Primera parte: Insumos de materias primas
Segunda parte: Tecnología de elaboración
Tercera parte: Consideraciones sobre gestión

- ID/133
(ID/WG.151/37/Rev.1) Selección de maquinaria para trabajar la madera
Informe de una Reunión Técnica, Viena, 19-23 de
noviembre de 1973
- ID/154 Automatización de bajo costo para las industrias del
mueble y de la ebanistería
por H.P. Brion y W. Santiano
- ID/180
(ID/WG.200/14/Rev.1) Elaboración de la madera para países en desarrollo
Informe de un Curso Práctico, Viena, 3-7 de noviembre
de 1975
- UNIDO/LIB/SER.D/4/
Rev.1
ID/188 Guías de fuentes de información de la ONUDI, Vol.4:
Information sources on the furniture and joinery
industry
Publicación de las Naciones Unidas
- UNIDO/LIB/SER.D/9 Guías de fuentes de información de la ONUDI, Vol.9:
Information sources on building board from wood and
other fibrous materials
- UNIDO/LIB/SER.D/31
ID/214 Guías de fuentes de información de la ONUDI, Vol.31:
Information sources on woodworking machinery

1 - 103



80. 02.18