

Optimización del proceso de obtención de telas no tejidas por punzonado (*)

por J. Detrell y J. Mumbrú (**)

RESUMEN

En este trabajo se realiza el estudio de la optimización de los principales parámetros del proceso y características de las fibras empleadas así como su influencia sobre las propiedades físicas y mecánica de las telas no tejidas punzonadas, estableciendo los límites de variabilidad de ambos para la obtención de unas determinadas características óptimas en las mismas; simultáneamente se contempla la influencia en dichas características de la introducción de dos variantes en el proceso: la mezcla de fibras de distintas características y el punzonado de napas en ambas caras de una tela de basamento.

Los planes experimentales se establecen a niveles de trabajo de los parámetros del proceso habitualmente empleados en la industria, considerando, dentro de los más influyentes, combinaciones experimentales con un número reducido de factores, a fin de poder precisar exactamente su influencia.

SUMMARY

This study deals with the influence of the main processing parameters and the characteristics of the fibers employed on the physical and mechanical properties of the needle punched fabrics and establishes the variation limit for both so as to obtain certain determined optimum conditions. Simultaneously the influence of these characteristics by introducing two other process variables, a blend of fibres of different characteristics and needle punching of the fabric in both faces, is also studied.

The experimental plan is based on the normal working conditions of the process employed in the industry, considering the most influencing ones with a reduced number of factors so as to precise their exact influence.

1. INTRODUCCION

Los principales trabajos de investigación y divulgación de la estructura y comportamiento de las napas punzonadas publicados desde 1960 hasta nues-

* Resumen de la tesis doctoral presentada por J. Detrell en la ETSII de Terrassa en junio de 1979 y dirigida por J. Mumbrú.

** Cátedra de Diseño y Acabado de Tejidos de la ETSIIT.

tros días pueden clasificarse en tres grandes grupos: el primero formado por los numerosos estudios realizados por Hearle y una larga lista de colaboradores de la Universidad de Manchester (1-2-3-4-5-6), los realizados por Lunenschloss y colaboradores en la República Federal Alemana (7-8-9-10-11) y un tercer grupo, de trabajos dispersos, sobre aspectos parciales del proceso y realizados más o menos esporádicamente en diversos países por otros tantos autores (12-13-14). Las referencias aquí citadas corresponden únicamente a una parte de las 125 mencionadas en el trabajo original.

A pesar de que la literatura técnica, principalmente la descriptiva del proceso, es realmente abundante, las conclusiones aportadas en la mayoría de los trabajos publicados son poco aprovechables para una industria que sigue trabajando de forma totalmente empírica; ello es debido a varias causas: por una parte, en la mayoría de dichos estudios se analizan todos los factores que influyen en el proceso sin una línea sistemática común para la multiplicidad de aspectos considerados lo que conduce a conclusiones particulares válidas pero difícilmente extrapolables a un determinado proceso; por otra parte, los escasos trabajos experimentales efectuados de forma rigurosa y sistemática hacen intervenir gran número de factores simultáneamente, lo que conduce a interpretaciones difíciles de la significación de cada uno y de sus interacciones, que se acentúan si se ensaya sólo una pequeña parte de las combinaciones experimentales posibles o no se realizan repeticiones, lo que entraña evidentes riesgos de interpretación, llegándose a resultados poco acordes y hasta contradictorios con los obtenidos por otros autores.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Variables consideradas

Los factores que influyen en el proceso y en las características de las napas punzonadas han sido analizados por varios autores atribuyéndose, en general, las propiedades de las mismas a su estructura y a las características de las fibras que las constituyen; sobre dicha estructura influyen, a su vez, la del velo, los parámetros del proceso y nuevamente las características de la materia (5). Por los resultados de estudios realizados por otros autores (7-8), por la experiencia adquirida en el procedimiento de elaboración y por la disponibilidad de determinados tipos de fibras en el mercado, se consideraron únicamente los siguientes: tipo de fibra (longitud de corte y masa lineal), galga de los punzones, número de penetraciones por unidad de superficie y profundidad de las mismas; en ensayos complementarios se estudió la influencia de la mezcla de fibras y el punzonado de napas sobre telas de basamento.

Para la fijación de los niveles de trabajo de los factores analizados y de los considerados constantes se realizaron una serie de ensayos preliminares. Como materia prima se eligió la fibra de poliéster por ser ésta una de las que actualmente tiene mayor utilización en muchas de las aplicaciones de las telas no tejidas punzonadas.

2.2. Maquinaria empleada

La instalación piloto empleada consta de una carda de laboratorio de tipo lanero a cuya salida se encuentra una telera para recoger el velo formado,

superponerlo en capas y pasarlo a la máquina punzonadora, similar a las utilizadas normalmente en el proceso industrial pero con menor anchura en la tabla de punzones.

2.3. Planificación de experiencias

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos preliminares, la parte experimental se planificó en tres líneas de trabajo:

2.3.1. Optimización de los parámetros del proceso

Considerando los dos factores más fácilmente regulables, número de penetraciones y profundidad de las mismas, y fijados sus límites de trabajo manteniendo constantes los demás parámetros de la máquina, el plan experimental se desarrolló con la utilización de un diseño central compuesto giratorio de Box-Hunter. En la Tabla 1 se indican los niveles de las variables consideradas.

TABLA I

Variables	Niveles				
	-1,41	-1	0	1	1,41
Densidad punzonado x_1 (p/mm ²)	0,439	0,75	1,5	2,25	2,560
Penetración punzones x_2 (mm)	11,7	13	16	19	20,2

El plan de 13 ensayos correspondiente al diseño anterior se aplicó a fibras de 6,7 y 17 dtex de masa lineal con longitudes de corte de 60 y 100 mm trabajando con punzones de galga 32 ó 40, realizándose, por tanto, un total de 8 diseños para cada una de las características analizadas en las telas obtenidas.

2.3.2. Estudio de la mezcla binaria de fibras

Para el estudio de la influencia de la mezcla de fibras de distinta longitud o finura en las propiedades de las napas punzonadas se realizaron y ensayaron las características de muestras de composición 0,25, 50, 75 y 100 % de cada uno de los tipos de fibras utilizados mezclados dos a dos. Para las mezclas de fibras de distinta longitud se emplearon fibras de 17 dtex y tres longitudes de corte de las mismas: 60, 80 y 100 mm. Para las mezclas de fibras de distinta finura se utilizaron fibras de 6,7, 12 y 17 dtex de una longitud de corte de 60 mm.

Las muestras se realizaron en condiciones constantes de los parámetros del proceso: 20 mm de separación entre placas, 1,6 penetraciones por milímetro cuadrado, 17,5 mm de profundidad de las mismas y empleando punzones de galga 32.

2.3.3. Punzonado de napas en ambas caras de una tela de basamento

Para la preparación de dichas muestras se emplearon tres tipos de tela de basamento: dos con urdimbre y trama de cinta de polipropileno, ligamento tafetán, 34,45 y 119 g/m² y una tercera del tipo spunbonded de poliéster de 45 g/m². Los ensayos se realizaron con punzones de galga 32 y 40, fibras de

6.7 dtex y 80 mm, trabajando con densidades de punzonado de 0.75, 1.5 y 2.25 p/mm² con profundidades de penetración de 13, 16 y 19 mm, obteniéndose una estructura tipo «sandwich» con la tela de basamento intermedia entre dos capas de 125 g/m².

2.5. Valoración y tratamiento de los resultados

En las muestras obtenidas se determinaron, según las especificaciones de las normas UNE, ASTM, BS o DIN, las características más determinantes de su comportamiento y estructura.

Los resultados obtenidos para las combinaciones experimentales de los diseños de Box-Hunter se trataron con un ordenador HP 21 MX E dotado de plotter para el trazado de los cortes de la superficie de respuesta (15).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

En esta exposición de resultados y discusión de los mismos se omite parte de la interpretación física y tecnológica realizada, para cada uno de los parámetros valorados en las muestras preparadas según las tres líneas experimentales expuestas en la Tesis; así mismo se citan únicamente algunas de las características del total de las ensayadas.

3.1. Optimización de los parámetros del proceso

De los ensayos realizados para las trece combinaciones experimentales de cada uno de los ocho diseños y para ocho de las características determinadas, se comentan únicamente los resultados obtenidos para el diseño aplicado a fibras de 6.7 dtex y 60 mm trabajando con punzones de galga 32.

Para cada una de dichas respuestas, y en la totalidad de las 72 valoradas en los restantes diseños, los análisis de la variancia muestran como significativos los términos de 1^{er.} y/o 2.^o orden a niveles de probabilidad del 1 ó 5 %, no siendo significativas, en ningún caso, las desviaciones desde el ajuste. Por

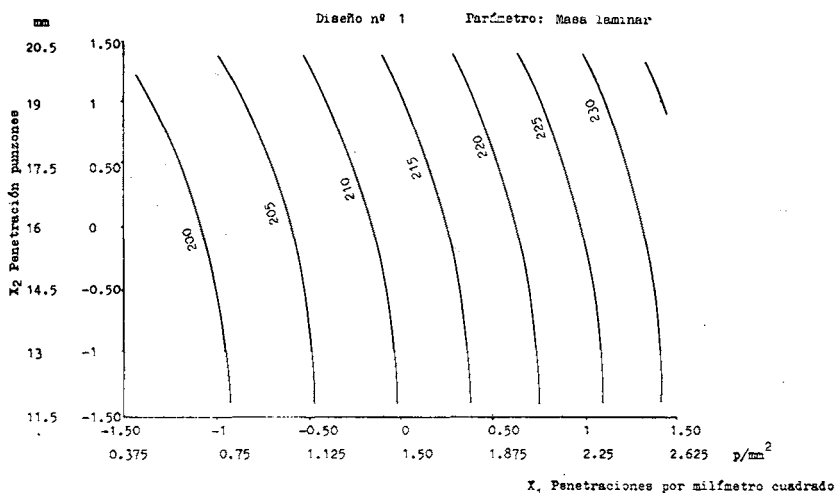


Figura 1

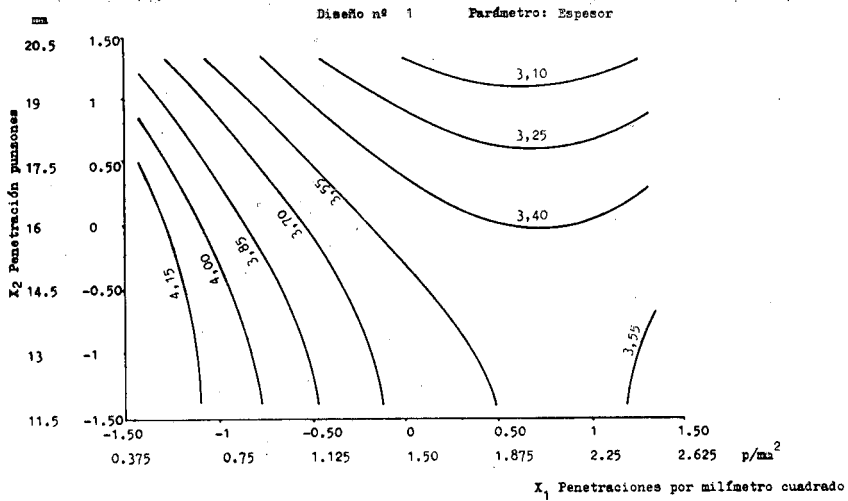


Figura 2

otra parte, los coeficientes de correlación muestran valores elevados y significativos.

En las Figuras 1 a 8 se representan las líneas de contorno de las superficies de respuesta para ocho de las características analizadas en el citado diseño.

Se observa un aumento de la masa laminar (Figura 1) al aumentar la densidad de penetración con independencia de su profundidad. Respecto al espesor (Figura 2) las líneas de contorno dibujan un minimax cuyo centro se sitúa hacia el límite inferior derecho del campo experimental.

La orientación del eje mayor de las elipses sugiere que la carga de rotura (Figura 3) aumenta cuando lo hace el número de penetraciones y decrece la profundidad de las mismas, hasta un valor máximo a partir del cual un incre-

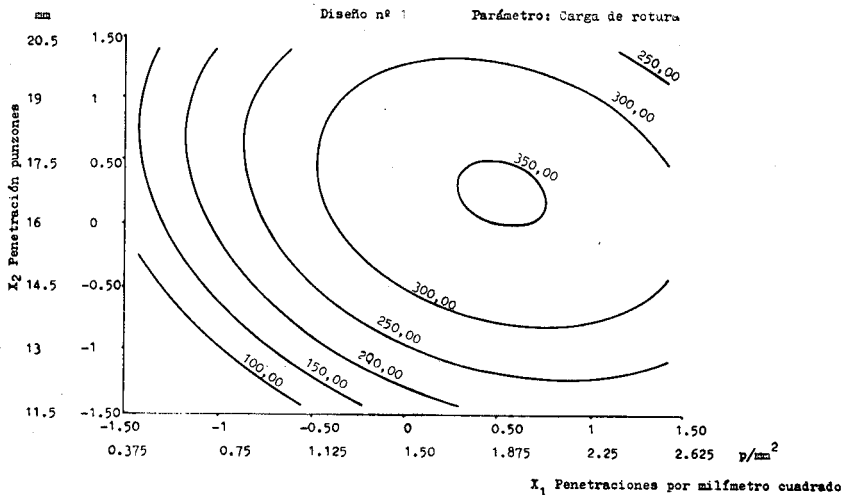


Figura 3

mento del número de penetraciones por unidad de superficie y una disminución de su profundidad supone un descenso en la carga de rotura de la napa punzonada. Para el alargamiento a la rotura (Figura 4) se aprecia un decrecimiento de éste al aumentar el número de penetraciones, especialmente cuando coincide con una profundidad de las mismas también elevada.

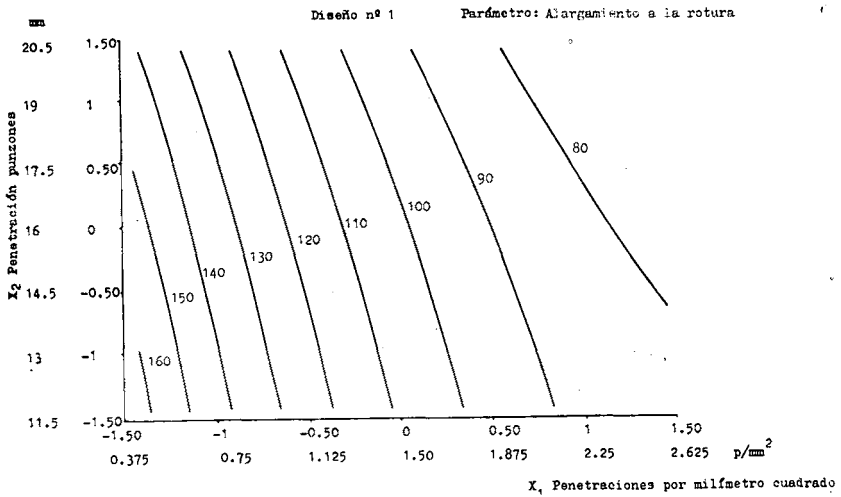


Figura 4

Respecto a la tenacidad, resistencia al desgarro y al estallido (Figuras 5, 6 y 7) las líneas de contorno muestran la misma tendencia indicada para la carga de rotura, obteniéndose valores máximos de los tres parámetros cuando coincide una penetración entre 16 y 17 mm de profundidad con una densidad de 1,5 a 2 por milímetro cuadrado.

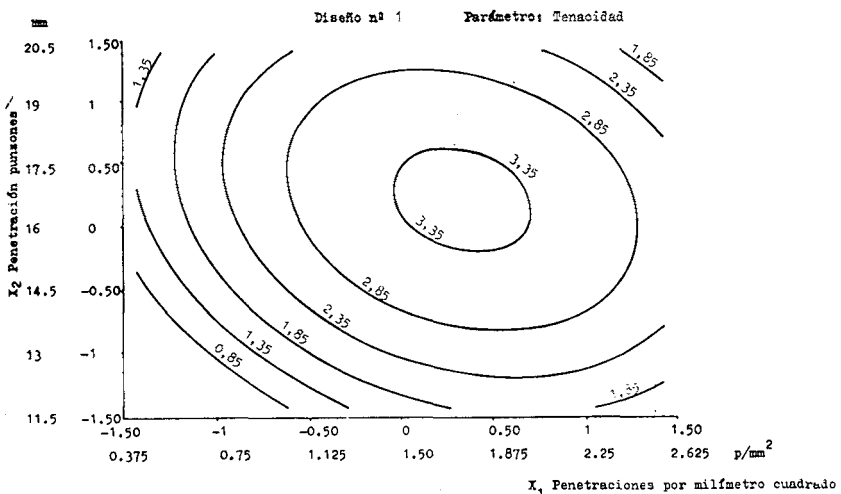


Figura 5

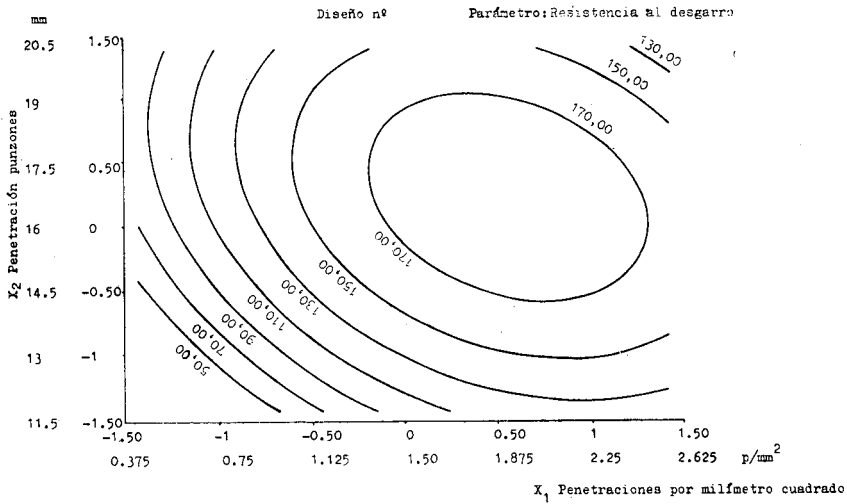


Figura 6

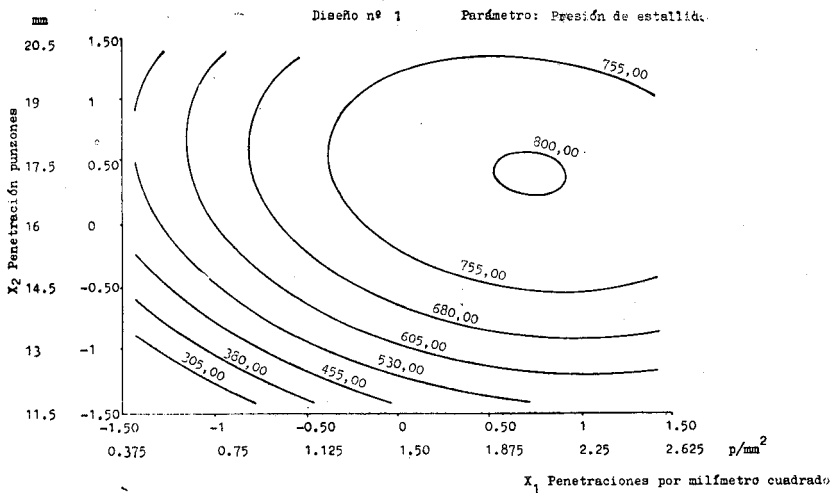


Figura 7

En la permeabilidad al aire (Figura 8) se aprecia una disminución con el aumento del número de penetraciones de forma casi independiente de la profundidad de las mismas.

En general las líneas de contorno son de naturaleza similar, para una misma respuesta, en los ocho diseños realizados: para verificar la significación estadística de las diferencias en los niveles de respuesta observados y que determina la influencia en los valores de aquélla de los tres factores estudiados subsidiariamente, se estableció, para cada una de las nueve respuestas analizadas en los ocho diseños, un factorial 2^3 tomando para las sumas de cuadrados las de las trece combinaciones experimentales de cada uno de los ocho diseños, con un grado de libertad para cada uno de los tres factores y como residual las diferencias respecto al valor medio en el punto central con

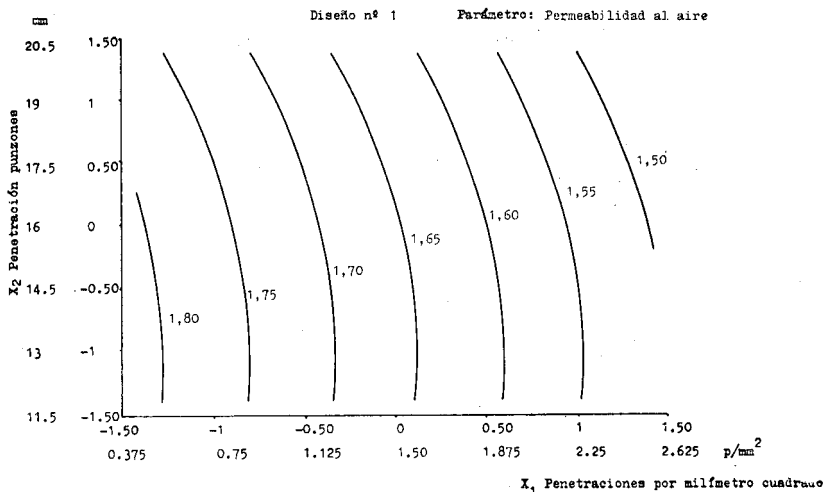
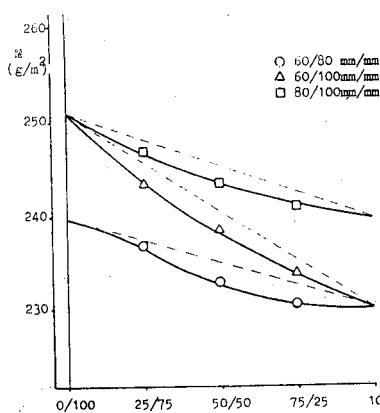


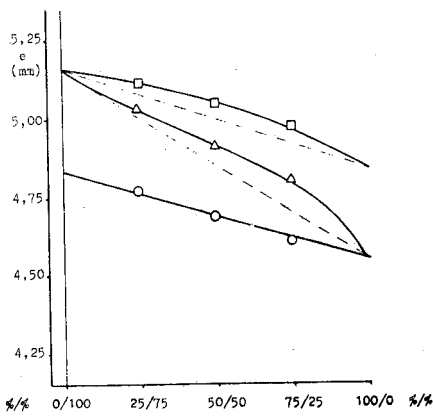
Figura 8

32 grados de libertad, obteniéndose como resultados que los efectos de la longitud de fibra son significativos al 1 % en todas las respuestas analizadas; la masa lineal o finura de las mismas muestra una influencia altamente significativa sobre el espesor, carga y alargamiento a la rotura, resistencia al desgarrar y al estallido e índice de trabado; moderadamente significativa en la tenacidad y débilmente o no significativa en la permeabilidad al aire y masa laminar, respectivamente. La galga de los punzones aparece como altamente significativa en todas las respuestas analizadas.



Parámetro: Masa laminar

Figura 9a



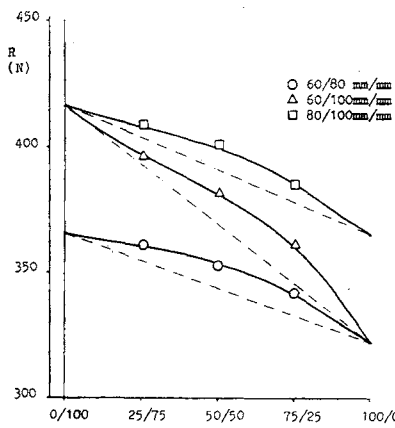
Parámetro: Espesor

Figura 9b

3.2. Mezclas binarias de fibras

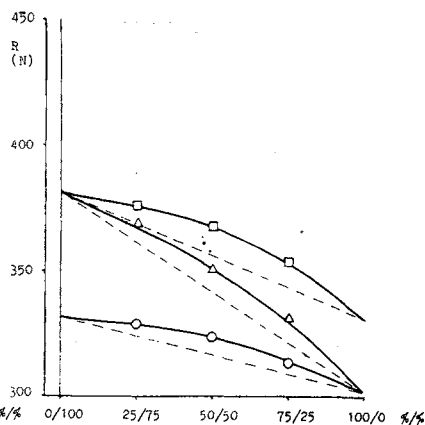
3.2.1. Mezcla de fibras de distinta longitud

En la Figura 9a se observa que punzonando napas formadas por velos superpuestos de fibras de distinta longitud, en diferentes proporciones, se



Parámetro : Carga de rotura (MD)

Figura 10a

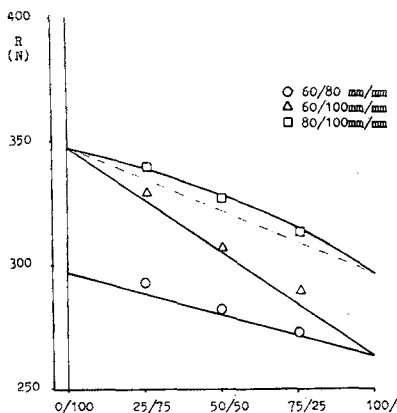


Parámetro : Carga de rotura (30°)

Figura 10b

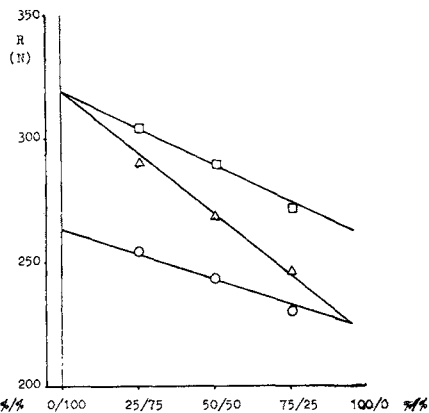
obtienen telas no tejidas con masas laminares intermedias ligeramente inferiores a las que les correspondería tener si se mantuviera una proporcionalidad entre la longitud de las fibras y la masa laminar de la napa punzonada, representada por las líneas discontinuas que unen entre sí los valores de masa laminar de las muestras preparadas con el 100 % de los tres tipos de fibra. Con respecto al espesor, Figura 9b, se aprecia que excepto para el caso de la mezcla 60 mm/80 mm, el espesor de las napa obtenidas con las distintas proporciones de mezcla es algo mayor al correspondiente a las napa punzonadas si se cumpliera la proporcionalidad citada.

En la Figura 10a, carga de rotura determinada en el sentido MD, se observa que para los tres tipos de mezcla de fibras se obtienen valores más elevados que los correspondientes por las respectivas proporciones de mezcla, especialmente cuando ambos tipos de fibra están en las proporciones 50/50 y 75/25. En la Figura 10b, carga de rotura de probetas tomadas en la dirección que forma 30° con la salida de la máquina, se observa un efecto similar.



Parámetro : Carga de rotura (60°)

Figura 11a



Parámetro : Carga de rotura (CD)

Figura 11b

En las Figuras 11a y 11b, carga de rotura en las direcciones 60° y CD, se observa la poca influencia de la mezcla de fibras, especialmente en la dirección CD en la que el citado efecto es prácticamente nulo.

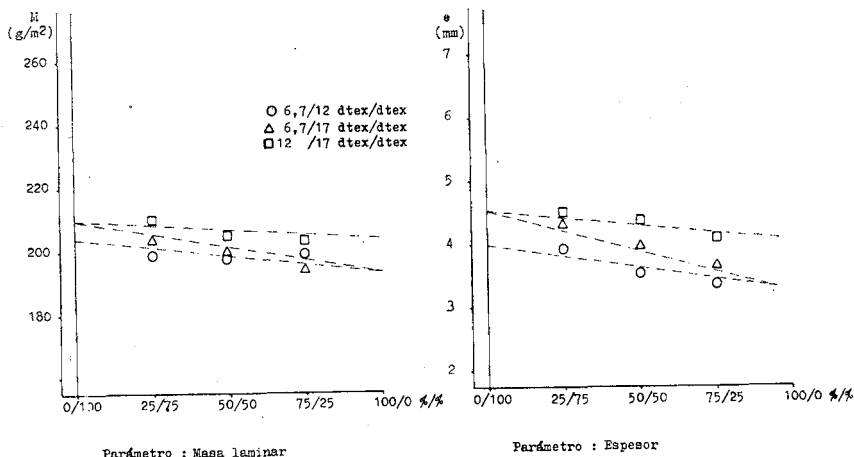


Figura 12a

Figura 12b

Respecto a las demás respuestas obtenidas, la mezcla de fibras de distinta longitud aporta mejoras sensibles en el comportamiento de las telas no tejidas punzonadas a la presión de estallido y comprensibilidad, entre otras. Las mezclas más interesantes, en cualquier caso, son las constituidas por porcentajes 75/25, en las que la adición de un 25 % de fibra más larga supone un aumento notable de la tenacidad.

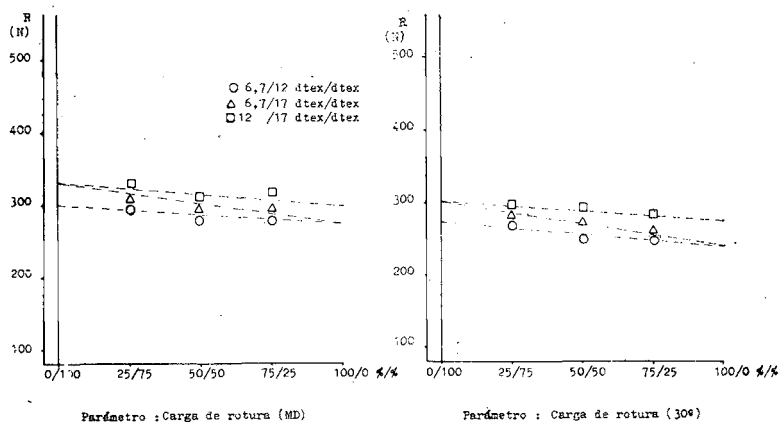


Figura 13a

Figura 13b

3.2.2. Mezcla de fibras de distinta finura

El análisis de los resultados obtenidos con las muestras preparadas con mezclas de fibras de distinta masa lineal, presenta aspectos poco destacables.

En cuanto a la masa laminar, Figura 12a, no se observa ninguna tendencia destacable, obteniéndose napas punzonadas de masa laminar muy se-

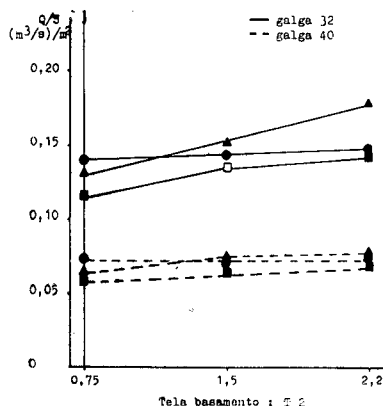


Figura 14a

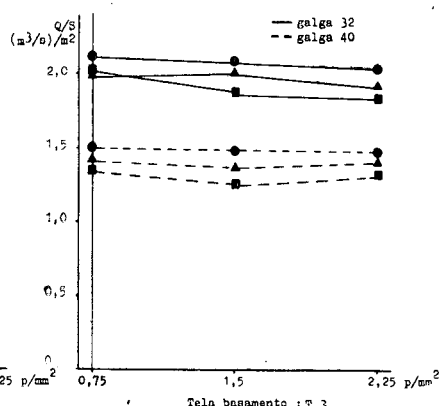


Figura 14b

mejante en las quince combinaciones experimentales realizadas. Respecto al espesor, Figura 12b, se observa que los valores obtenidos para los distintos porcentajes de mezcla se ajustan de forma bastante regular a la rectas que unen los puntos extremos que representan los espesores de las napas constituidas, cada una, por el 100 % de los tres tipos de fibra empleados.

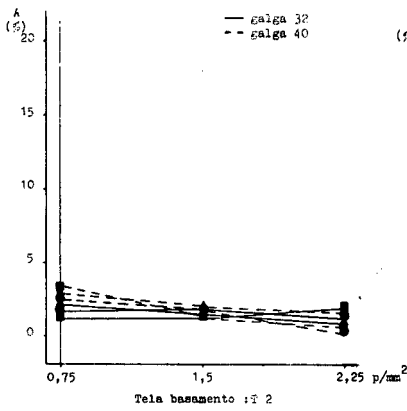
En relación al comportamiento dinamométrico, en las Figuras 13a y 13b se representan los valores de carga de rotura en dirección MD y 30°, respectivamente, no observándose valores superiores a los esperados por la contribución teórica, de los respectivos porcentajes de mezcla, al comportamiento reológico de la napa punzonada. En la resistencia al desgarro y al estallido no se aprecia tampoco ninguna mejora destacable.

En general puede afirmarse que la mezcla de fibras de distinta finura no aporta ninguna particularidad destacable a las napas punzonadas sino que, al contrario, los valores de permeabilidad al aire e índice de trabado, muy dispares, confirman la introducción de irregularidades en la estructura de la napa y de una menor consolidación de la misma, respectivamente.

3.3. Punzonado de napas sobre telas de basamento

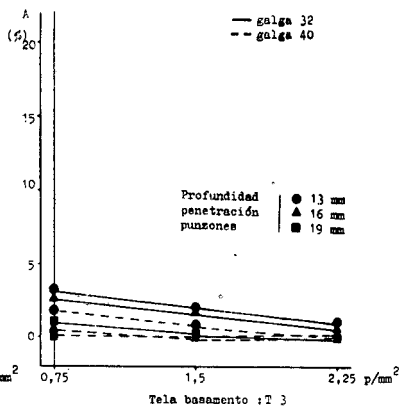
En las Figuras 14a y 14b se representa el comportamiento al paso del aire de las estructuras textiles laminares obtenidas por punzonado de napas en ambas caras de las telas 1 y 2, observándose el notable efecto de la galga de los punzones, obteniéndose los valores más elevados de permeabilidad al aire cuando se trabaja con punzones de galga 32; por otra parte se observa también un aumento de la misma al aumentar el número de penetraciones por unidad de superficie; este incremento, especialmente en la tela 2, con elevado factor de cobertura, es debido a que se produce un deterioro considerable de la tela de basamento, aumentando su permeabilidad al aire especialmente cuando se emplean punzones de galga 32.

Otro de los parámetros más sensiblemente afectados es la estabilidad dimensional. En las Figuras 15a y 15b se representa el comportamiento de las muestras obtenidas con las telas 1 y 2 sometidas a un esfuerzo de deformación bajo carga constante, observándose un comportamiento análogo en todas las muestras, casi con independencia de las condiciones del proceso, con deformaciones inferiores al 4 %.



Parámetro : Deformación a tensión constante

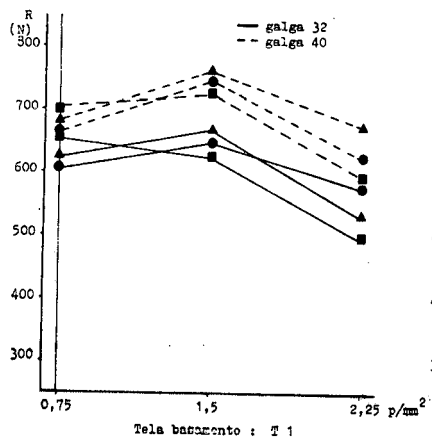
Figura 15a



Parámetro : Deformación a tensión constante

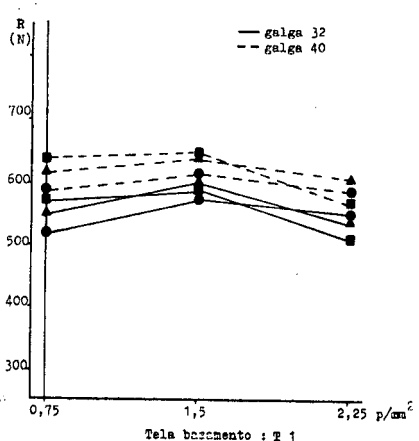
Figura 15b

En las Figuras 16a y 16b se representa el comportamiento dinamométrico de la napa reforzada con la tela 1, en el sentido MD y CD respectivamente, consiguiéndose una resistencia a la rotura superior en hasta un 80 % a la que posee la tela de basamento; las diferencias de carga de rotura en dirección MD y CD oscilan entre el 10 y el 15 %; en las muestras de napas punzonadas



Parámetro : Carga de rotura. (MD)

Figura 16a



Parámetro : Carga de rotura. (CD)

Figura 16b

sin tela de basamento intermedia, dichas diferencias son del orden del 30 %, por lo que la inclusión de dicha tela aporta una sensible mejora en la anisotropía de las napas punzonadas.

Respecto a otras respuestas analizadas: resistencia al desgarro, presión de estallido, alargamiento a la rotura, etc., se observa un comportamiento análogo al citado para la resistencia a la rotura. De los tres tipos de tela de basamento empleados, la tela 1 es la que, aportando las características de

estabilidad y mejora del comportamiento dinamométrico, modifica de una manera menos sustancial la particular morfología de las telas no tejidas obtenidas por punzonado; las telas con factor de cobertura bajo parecen ser las más adecuadas para reforzar dichas estructuras.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten formular, entre otras, las siguientes:

4.1. El desarrollo de un plan central giratorio, a base de dos variables, aplicado a cada uno de los dos niveles de tres factores accesorios a fin de estudiar subsidiariamente la influencia de la finura de la fibra, de su longitud y del tipo de punzones, ha permitido establecer la influencia de determinados parámetros de la máquina (número de penetraciones por milímetro cuadrado, profundidad de las mismas y galga de los punzones) y de la fibra empleada (longitud y finura de la misma) sobre los principales parámetros de las napas punzonadas, permitiendo la determinación de las condiciones óptimas de trabajo en un proceso de elaboración de telas no tejidas por punzonado.

4.2. Respecto a las características que definen la morfología de las napas punzonadas se observa que el empleo de fibras cortas (60 mm) produce un alargamiento de la napa con la consiguiente disminución de masa laminar y de espesor, especialmente cuando coinciden fibras finas (6,7 dtex) y cortas. El empleo de fibras más largas supone una disminución de dicho efecto, lo que se traduce en un notable aumento del espesor y lógicamente de la masa laminar. Ambos aumentos se acentúan, especialmente el de espesor, cuando se trabaja con la fibra de mayor masa lineal. El efecto de los punzones es el más acusado, obteniéndose para fibras de las mismas características, masas laminares mayores cuando se emplean los de galga fina en ayados (galga 40) que cuando se emplean punzones más gruesos (galga 32); respecto al espesor esta influencia es menos significativa.

4.3. En la permeabilidad al aire los factores más influyentes son el tipo de punzones y el número de penetraciones por unidad de superficie.

4.4. Los valores óptimos para el comportamiento de las napas punzonadas sometidas a esfuerzos de tracción, se obtienen, dentro del campo experimental, para valores de densidad de punzonado superiores a 1,80 penetraciones por milímetro cuadrado e inferiores a 2,30, con profundidad de 16,5 a 18 mm; dichos valores dependen del tipo de fibra y de la galga de los punzones; por otra parte se observa: a) que los valores máximos de tenacidad se obtienen cuando se trabaja con punzones de galga 32; b) que las fibras largas proporcionan una mayor tenacidad que las fibras cortas y c) que la influencia de la finura de las fibras es poco significativa en comparación con la de las demás variables ensayadas.

4.5. La utilización de mezclas de fibras de distinta longitud aporta una mejora notable del comportamiento a los esfuerzos de tracción; dicha mejora se obtiene preferentemente efectuando la superposición de velos de fibras largas en las capas superiores e inferiores de las napas a punzonar, por ser, en el punzonado por ambas caras, las fibras situadas en las superficiales las que contribuyen más eficazmente a la consolidación de la misma.

4.6. La mezcla de fibras de distinta masa lineal, en las condiciones de trabajo aplicadas, no aporta ventajas apreciables al comportamiento de las telas no tejidas punzonadas, sino que al contrario, se obtiene un mayor irregularidad en algunas de las características ensayadas.

4.7. El punzonado de napas en ambas caras de una tela de basamento conduce a la obtención de una estructura laminar plana en la que las características de estabilidad y resistencia son aportadas por la tela de basamento mientras que se conservan las propias de las telas no tejidas: comprensibilidad elevada, poder filtrante, etc.

4.8. Los valores máximos de tenacidad se obtienen, para este tipo de estructuras, con densidades de penetración de los punzones comprendidas entre 1,2 y 1,6 penetraciones por milímetro cuadrado; con mayor número de penetraciones se producen roturas en la tela de basamento, disminuyendo su resistencia; en cuanto a profundidad del punzonado, los valores óptimos se obtienen entre 13 y 16 mm. La galga de los punzones ejerce una considerable influencia sobre el comportamiento dinámico, obteniéndose los valores más elevados con el empleo de punzones de galga fina por el menor deterioro que ocasionan en la tela de basamento.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa Emfisint, S. A. de Terrassa por la cesión de material e instalaciones para la realización del trabajo experimental; a La Seda de Barcelona, S. A. y Hoechst Ibérica, S. A. por su desinteresada colaboración y al Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial de Terrassa en el que se realizaron parte de los ensayos.

6. REFERENCIAS

- (1). Hearle, J. W. S., Sultan, M. A. I., *J. Text. Inst.*, 1967, 58.
- (2). Hearle, J. W. S., Sultan, M. A. I., *J. Text. Inst.*, 1968, 59
- (3). Hearle, J. W. S., Stevenson, P. J., *Text. Res. J.*, 1964, 34, 3
- (4). Hearle, J. W. S., Newton, A., *Text. Res. J.*, 1967, 37, 6
- (5). Hearle, J. W. S., Uurdy, A. T., *J. Text. Inst.*, 1972, 63, 7
- (6). Hearle, J. W. S., Choudhari, T. N., *J. Text. Inst.*, 1969, 60
- (7). Lunenschloss, J., Janitza, J., *Textil Praxis*, 1972, 7
- (8). Lunenschloss, J., Kampen, W., *Melliand Textilber.*, 1975, 4
- (9). Lunenschloss, J., *Melliand Textilber.*, 1973, 54
- (10). Lunenschloss, J., Janitza, J., *Chemiefasern/Textil-Indust.*, 1971, 73
- (11). Lunenschloss, J., Gilhaus, K., *Textil-Praxis*, 1976, 1
- (12). Goswami, B. C., Beck, J., Scardino, F. L., *Text. Res. J.*, 1972, 10
- (13). Klemm, L., *Deutsche Textil.*, 1967, 12, 17
- (14). L. H., Freeston, W. D., *Symposium papers of India*, Marzo, 1976
- (15). Barella, A., *Principios de diseño de experiencias*, Ed. AITA, 1977