



**Los resultados de un estudio muestran, que el proceso de llenado puede ser optimizado y una mejoría del tiempo de llenado y del grado de limpieza puede ser alcanzada.**

TEXTO Jonas Almkvist<sup>1</sup>, Thomas Hillig<sup>2</sup>

Os resultados de um estudo demonstram que o processo de enchimento pode ser otimizado e uma melhoria do tempo de enchimento e do grau de limpeza pode ser alcançada.

#### Mejorar el rendimiento del llenado

Melhorar o rendimento do enchimento

<sup>1</sup> Gerente de desarrollo de empaque, BillerudKorsnäs AB, Solna/Suecia gerente de desenvolvimento de embalagem, BillerudKorsnäs AB, Solna/Suecia

<sup>2</sup> Gerente del centro R&D, Haver & Boecker OHG, Oelde/Alemania gerente do centro R&D, Haver & Boecker, OHG, Oelde/Alemanha

HAVER & BOECKER // BILLERUDKORSNÄS

## Influencia de la porosidad del papel sobre el rendimiento de llenado

## Influência da porosidade do papel sobre o rendimento do enchimento

En la industria de fabricación y procesamiento de material a granel, diversos productos en forma de polvo para una variedad de propósitos en pequeñas y grandes cantidades son envasados en recipientes flexibles. Dependiendo de las necesidades y los requisitos del usuario final, el envasado y almacenamiento de los envases llenos son llevados a cabo en diferentes tipos de conte-

Na indústria de fabricação e processamento de grandes quantidades, produtos em forma de pó para uma variedade de fins e em grandes ou pequenas quantidades são embalados em recipientes flexíveis. Dependendo das necessidades e dos requisitos do usuário final, o empacotamento e o armazenamento das embalagens são efetuados em diferentes tipos de embalagens. O tipo de embalagem

nedores. El tipo de envase de papel más utilizado y más versátil para el empaque de productos en polvo es el saco de válvula.

## 1 Introducción

En los últimos años, los sistemas de llenado se han desarrollado continuamente para satisfacer las crecientes demandas de rendimiento de llenado, precisión en el peso y limpieza. Haver & Boecker siempre ha establecido nuevos estándares y desarrollado constantemente nuevas tecnologías. El llenado del material en polvo es un campo de rápido desarrollo en la automatización de procesos y de la producción. El aumento de la demanda en el rendimiento de llenado condujo a nuevos enfoques. En la actualidad, sistemas de empaque modernos concilian la oportunidad de adaptar los sacos de acuerdo al producto a ser llenado y a la tecnología de las máquinas de manera óptima. La interacción entre el producto, la máquina y el saco es ahora generalmente conocida y está siendo investigada científicamente a través de estudios y pruebas (Figura 1).

Especialmente el fabricante de papel sueco BillerudKorsnäs ha establecido nuevos estándares con el desarrollo de la línea de productos de sacos de papel QuickFill® de alta porosidad. La línea de productos QuickFill® incluye tanto papel kraft blanco como marrón para sacos de válvula, la cuales fue desarrollada para las modernas máquinas de fabricación y llenado de alta velocidad. La amplia gama de productos ofrece una perfecta combinación entre la alta resistencia y las excelentes propiedades de ventilación, es decir, que los sacos QuickFill® pueden ser optimizados en tamaño y peso de modo tal que se logre un mejor llenado y manipulación. El rendimiento es determinado no sólo por la velocidad, sino también por la limpieza de la línea de empaque.

Haver & Boecker y BillerudKorsnäs operan centros de investigación y desarrollo, donde la interacción anteriormente descrita entre el producto y los sacos son investigados con respecto al desarrollo del empaque y los requisitos del cliente. Los especialistas de ambas compañías en conjunto han llevado a cabo un estudio científico con un enfoque en los efectos de la porosidad del papel sobre la velocidad del llenado. A continuación son descritos los métodos, los ensayos y los resultados.

## 2 Descripción del estudio

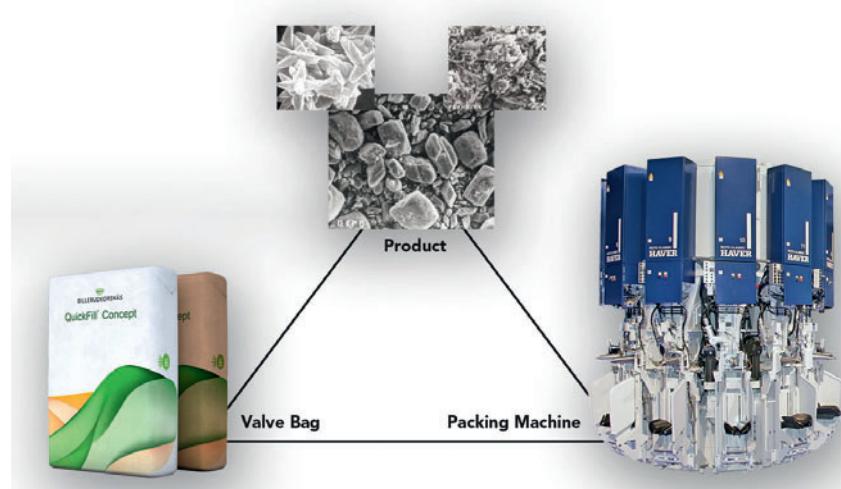
En este capítulo se describe cómo fue realizado el estudio con respecto a los productos y tipos de sacos probados, y como fue medido el rendimiento.

### 2.1 Productos probados

Los ensayos se llevaron a cabo con dos tipos de cemento distintos con comportamiento de llenado diferente (Tabla 1):

- » cemento estándar y
- » cemento fino

Además de las características mencionadas anteriormente, el comportamiento de llenado afecta otras propiedades importantes, tales como el contenido de hu-



de papel mais utilizado e mais versátil para o acondicionamento de produtos em pó são os sacos de válvulas.

## 1 Introdução

Nos últimos anos o sistema de enchimento tem se desenvolvido continuamente para satisfazer as crescentes demandas do rendimento de enchimento, precisão no peso e limpeza. A Haver & Boecker tem constantemente estabelecido novos padrões e desenvolvido novas tecnologias. O enchimento de material em pó é um campo de rápido desenvolvimento na automatização de processos e de produção. O aumento da demanda no rendimento de enchimento levou ao surgimento de novas abordagens. Modernos sistemas de embalagem conciliam a oportunidade de adaptar de maneira eficiente as embalagens ao produto a ser acondicionado e à tecnologia das máquinas. Atualmente a interação entre o produto, a máquina e a embalagem é em geral conhecida e está sendo pesquisada científicamente através de estudos e testes (Figura 1).

Em especial, o fabricante sueco de papel BillerundKorsnäs estabeleceu novos padrões com o desenvolvimento da linha de produtos de sacos de papel QuickFill® de alta porosidade. A linha de produtos QuickFill® inclui tanto papel kraft branco quanto marrom para sacos de válvulas, a qual foi desenvolvida para as modernas máquinas de fabricação e enchimento de alta velocidade. A ampla gama de produtos oferece uma perfeita combinação entre alta resistência e excelentes propriedades de ventilação, ou seja, os sacos QuickFill® podem ser personalizados em tamanho e peso de modo que se obtenha um melhor enchimento e manipulação. O rendimento é determinado não somente pela velocidade, mas também pela limpeza da linha de embalagem.

A Haver & Boecker e a BillerudKorsnäs operam centros de pesquisa e desenvolvimento, nos quais a interação entre os produtos e as embalagens descrita anteriormente é investigada com respeito ao desenvolvimento do acondicionamento e os requisitos do cliente. Os especialistas

### 1 El triángulo de empaque muestra la interacción entre producto, saco y máquina de llenado

O triângulo de embalagem demonstra a interação entre produto, saco e máquina de enchimento

**Tab. 1** Productos utilizados para las pruebas de cemento

Produtos utilizados para os testes de cimento

Densidad aparente [kg/dm <sup>3</sup> ]	Densidade aparente [kg/dm <sup>3</sup> ]	Distribución de tamaño de partículas	Distribuição do tamanho de partículas
1.700	0.698		
d10	0.045 mm		
d50	0.02 mm		
590	< 0.02 mm		< 0.04 mm

## 2 Tipos de sacos utilizados

Tipos de sacos utilizados



medad, la fluidez, la ventilación, la composición del polvo y el comportamiento de compactación.

Para la realización de los análisis y las pruebas, Haver & Boecker desarrolló en su propio centro de investigación y desarrollo instrumentos de laboratorio para la medición de las propiedades relevantes para el proceso de los productos. La solución de empaque más económica para el cliente se determina utilizando los resultados obtenidos de la medición. BillerudKorsnäs también tiene la capacidad de determinar las propiedades importantes para el rendimiento del envasado en laboratorio de sacos de la propia compañía, lo cual fue un complemento perfecto para el estudio.

### 2.2 Tipos de sacos

Para reducir el número de parámetros, el tamaño y la forma de los sacos para los dos tipos de cemento fueron los mismos. Para la prueba completa se prepararon 1200 sacos de tres clases diferentes de porosidad; para cada clase de porosidad se utilizaron 200 sacos (**Figura 2**). La permeabilidad del saco es uno de los factores más importantes que influyen en el rendimiento de una máquina de empaque. Mientras más rápido escape el aire durante el llenado de un saco, más eficaz es la velocidad de llenado de la máquina de empaque.

### 2.3 Medición del rendimiento de envasado

En una solución de saco moderna muchas propiedades son importantes: la resistencia del papel, la capacidad de ventilación, el llenado, las propiedades de barrera, la capacidad de impresión y la apariencia. Estas deben ser coordinadas para lograr presentar una solución de envasado inteligente. Este estudio se centra en la velocidad de llenado, por lo cual las pruebas acerca de la ventilación y la capacidad de llenado son descritas en detalle a continuación.

#### 2.3.1 Gurley

Gurley es la prueba más común con la que se describe la porosidad del papel. Un densímetro Gurley mide el tiempo en segundos que necesitan 100 ml de aire para penetrar una superficie específica de papel a una diferencia de presión dada, bajo la condición que la presión actúe sobre hojas de papel de una sola capa (**Figura 3**).

#### 2.3.2 Haver Big Gurley®

Con el dispositivo de prueba de Haver Big Gurley® (**Figura 4**), la permeabilidad al aire del material de embalaje se mide

## 3 Instrumento de prueba Gurley

Instrumento de teste Gurley



de ambas as empresas em conjunto conduziram um estudo científico com ênfase nos efeitos da porosidade do papel sobre a velocidade do enchimento. Em seguida são descritos os métodos, os testes e os resultados.

### 2 Descrição do estudo

Neste capítulo é feita a descrição de como foi realizado o estudo no que diz respeito aos produtos e aos tipos de sacos testados e como foi medido o rendimento.

#### 2.1 Produtos testados

Os testes foram efetuados com dois tipos diferentes de cimento, cujos acondicionamentos se apresentam de forma diferente. (**Tabela 1**)

- » Cimento padrão e
- » Cimento fino

Além das características mencionadas anteriormente, o comportamento de enchimento afeta outras propriedades importantes, tais como o conteúdo de umidade, a fluidez, a ventilación, a composição do pó e o comportamento de compactação.

Para a realização das análises e dos testes, a Haver & Boecker desenvolveu em seu próprio centro de pesquisa e desenvolvimento instrumentos de laboratório para a medição das propriedades relevantes para o processamento dos produtos. A solução de embalagem mais econômica para o cliente é então determinada utilizando-se as propriedades da medição obtidas. A BillerudKorsnäs também tem a possibilidade de determinar as propriedades importantes da capacidade de acondicionamento em saco de laboratório da própria empresa, o que foi um complemento perfeito para o estudo.

#### 2.2 Tipos de sacos

Para reduzir o numero de parâmetros, o tamanho e a forma dos sacos para os dois tipos de cimento foram os mesmos. Para o teste completo foram preparados 1200 sacos de três classes diferentes de porosidade; para cada classe de porosidade foram utilizados 200 sacos (**Tabela 2**). A permeabilidade do saco é um dos fatores mais importantes que influenciam no rendimento de uma máquina de embalagem. Quanto mais rápido o ar escapar durante o enchimento de um saco, mais eficiente é a capacidade de enchimento da máquina de embalagem.

#### 2.3 Medição do rendimento do empacotamento

Para uma solução moderna de sacos, são importantes muitas propriedades: a resistência do papel, a capacidade de ventilación, o enchimento, as propriedades de barreira, a capacidade de impressão e a apariencia. Essas propriedades devem ser coordenadas para representar uma solução de embalagem inteligente. Este estudo concentra-se sobre a velocidad de enchimento, razão pela qual os testes referentes à ventilación e à capacidade de enchimento são detalhadamente descritos abaixo.

#### 2.3.1 Gurley

Gurley é o teste mais comum com o qual se descreve a porosidade do papel. Um densímetro Gurley mede o tempo em segundos que 100 ml de ar necessitam para penetrar



**4** Haver Big Gurley® Tester

Haver Big Gurley® Tester

y evalúa. El instrumento de prueba proporciona información acerca de la porosidad y la permeabilidad al aire de la pared del saco, y no sólo de papel limpio o sin usar, sino también del papel contaminado. Este muestra el efecto del producto durante el llenado en el papel (**Figura 5**). Las partículas finas de los productos pueden reducir la permeabilidad debido a la obstrucción de los orificios entre las fibras. La permeabilidad depende de muchos factores, tales como el tamaño de partícula, el contenido de humedad, la temperatura, etc. Con este instrumento, toda la estructura de pared del saco puede ser comprobada.

Los resultados muestran la enorme influencia en la permeabilidad con papel limpio y contaminado (con el producto después del llenado). Durante estas pruebas, la permeabilidad se redujo al 10-15%. Variando el tipo de producto y de papel, la permeabilidad puede ser reducida hasta un 90%. Este valor se basa en datos empíricos que han sido medidos en muchos experimentos y pruebas realizadas por los clientes.

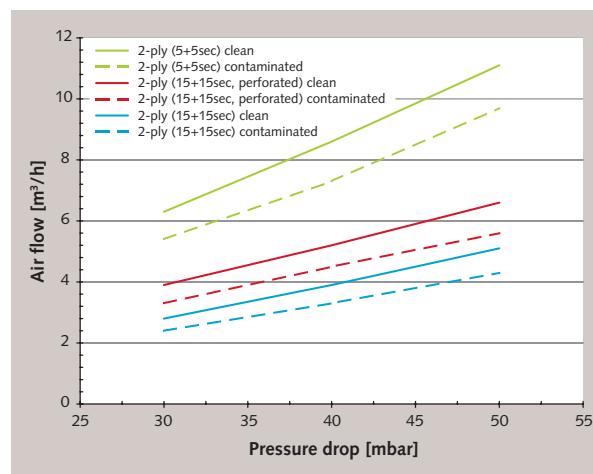
### 2.3.3 Haver Airflow Tester®

Con el Haver Airflow Tester® (**Figura 6**) se determina la permeabilidad al aire del saco entero incluyendo todo las capas de papel y de plástico y las áreas selladas. Los datos contienen información importante sobre el comportamiento de llenado. Al incluir todos los componentes de los sacos, especialmente las zonas selladas, una evaluación global es posible. Este instrumento es actualmente en todo el mundo un estándar general para la descripción de la permeabilidad de sacos.

La permeabilidad tiene un efecto directo sobre el rendimiento de llenado, la limpieza y la exactitud del peso. Gracias a años de experiencia en procesos de llenado se pueden dar recomendaciones acerca de las clases de permeabilidad que se requieren para diversos tipos de materiales a ser llenados (**Figura 7**).

### 2.3.4 Pruebas de llenado

Los experimentos de llenado con cemento se llevan a cabo con una empaquetadora vertical de turbina (**Figura 8**), que es el sistema habitual y más eficiente para el llenado de productos en polvo como el cemento. El



**5** Influencia enorme de la permeabilidad en papel limpio y contaminado (con producto luego del llenado)

Enorme influência da permeabilidade em papel limpo e contaminado (com produto após o enchimento)

um tamanho específico de papel a uma dada diferença de pressão, sob a condição de que a pressão atue sobre folhas de papel de camada única (**Figura 3**).

### 2.3.2 Haver Big Gurley®

Com o dispositivo de teste da Haver Big Gurley® (**Figura 4**), a permeabilidade do ar do material de embalagem é medida e avaliada. O instrumento de teste proporciona informações sobre a porosidade e a permeabilidade ao ar da parede do saco, e não somente de papel limpo ou sem uso, mas também de papel contaminado. Ele mostra o efeito do produto durante o enchimento do papel (**Figura 5**). As partículas finas dos produtos podem reduzir a permeabilidade devido à obstrução dos orifícios entre as fibras. A permeabilidade depende de muitos fatores, tais como o tamanho das partículas, o conteúdo de umidade, a temperatura, etc. Com este instrumento, toda a estrutura da parede do saco pode ser comprovada. Os resultados apresentam enorme influência sobre a permeabilidade em papel limpo e contaminado (com o produto após o enchimento). Durante estes testes a permeabilidade foi reduzida a 10-15%. Dependendo do tipo de produto e do papel, a permeabilidade pode ser reduzida até 90%. Este valor se baseia em dados empíricos que foram medidos em muitos experimentos e testes realizados para os clientes.

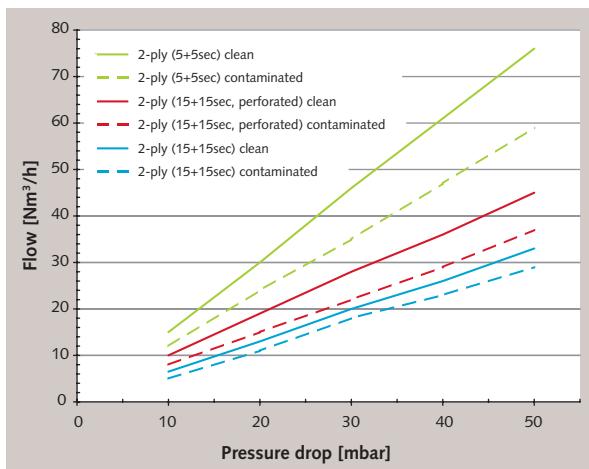


**6** Haver Airflow Tester®

Haver Airflow Tester®

**7 Permeabilidad al aire de los sacos utilizados en el estudio, medida con el instrumento Haver Airflow Tester®**

Permeabilidade ao ar dos sacos, medida com o instrumento Haver Airflow Tester®



Llenado de productos que tienden a aglutinarse y plastificarse, como es el caso por ejemplo de E-PVC se lleva a cabo con una empaquetadora de aire comprimido (**Figura 9**). En general, todos los tipos de productos pueden ser llenados con una empaquetadora de aire comprimido. Debido a la fluidización durante el llenado, con una empaquetadora de aire comprimido la cantidad de aire es mucho más alta por lo tanto, se requieren generalmente bolsas más permeables.

Los siguientes valores fueron registrados durante todos los experimentos con el fin de poder comparar los resultados:

- » Tiempo de llenado (curva azul para material grueso y fino)
- » Peso del saco (curva roja, flujo de masa en kg/s)
- » La presión en el saco (curva verde)

Como regla general, una mayor permeabilidad del saco vacío aumenta el rendimiento de llenado. Diversas construcciones de sacos como el 5+5 segundos Gurley de papel QuickFill® en comparación con el 15+15 segundos Gurley, como en este ejemplo, resultan en un

**8 Empaquetadora de turbina en el laboratorio de sacos de BillerudKorsnäs**

Empacadora de turbina no laboratório de sacos da Billerud-Korsnäs



**9 Empaquetadora de aire comprimido en el centro de investigación y desarrollo de Haver & Boecker**

Empacadora de ar comprimido no centro de pesquisa e desenvolvimento da Haver & Boecker

### 2.3.3 Haver Airflow Tester®

Com o Haver Airflow Tester® (**Figura 6**) é possível determinar a permeabilidade ao ar de todo o saco de papel incluindo todas as camadas de papel e de plástico e as áreas seladas. Os dados contêm informações importantes sobre o comportamento de enchimento. Com a inclusão de todos os componentes do saco, especialmente as áreas coladas, é possível uma avaliação global. Atualmente este instrumento é, em todo o mundo, um padrão geral para a descrição da permeabilidade de sacos.

A permeabilidade tem um efeito direto sobre o rendimento de enchimento, a limpeza e a exatidão do peso. Graças a anos de experiência em processos de enchimento é possível dar recomendações sobre as classes de permeabilidade que são necessárias para diversos tipos de materiais a serem cheios (**Figura 7**).

### 2.3.4 Testes de enchimento

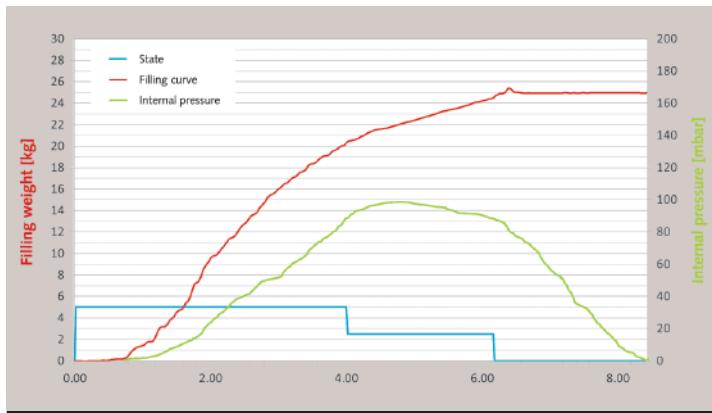
Os experimentos de enchimento com cimento são realizados com um empacotador de turbina vertical (**Figura 8**), que é o sistema habitual e mais eficiente para o enchimento de produtos em pó como o cimento. O empacotamento de produtos que tendem a se aglutinar e se plastificar, como é o caso, por exemplo, do E-PVC é realizado com uma empacotadora de ar comprimido (**Figura 9**). Em geral, todos os tipos de produtos podem ser cheios com uma empacotadora de ar comprimido. Devido à fluidificação durante o empacotamento, com uma empacotadora de ar comprimido a quantidade de ar é muito maior, por conseguinte, geralmente são necessários sacos mais permeáveis.

Os seguintes valores foram registrados durante todos os experimentos a fim de poder comparar os resultados:

- » Tempo de empacotamento (curva azul para material grosso e fino)
- » Peso do saco (curva vermelha, fluxo de massa em kg/s)
- » Pressão no saco (curva verde)

Como regra geral, uma maior permeabilidade do saco vazio aumenta o rendimento de empacotamento. Diferentes projetos de sacos como o 5+5 segundos Gurley de papel QuickFill® em comparação com o 15+15 segundos Gurley,





**10 Ejemplo de un saco de papel de 5+5 segundos Gurley, en el que llena Cemento Blaine 4200**

Exemplo de um saco de papel de 5+5 segundos Gurley, que é preenchido com Cimento Blaine 4200

tiempo de llenado 20% más rápido y 50% menos de presión interna dentro del saco (**Figuras 10 y 11**).

### 3 Comparación de los resultados

La Tabla 2 muestra que la diferente permeabilidad de los sacos vacíos tiene un efecto sobre el tiempo de llenado. La mayor presión en el saco durante el llenado explica que con papel de una permeabilidad más baja, aumenta el riesgo de rotura del saco. La perforación es todavía una técnica común para lograr una ventilación suficiente del saco, sin embargo esto afecta el producto que sale a través de la perforación de manera negativa en los siguientes aspectos: los dispositivos mecánicos, el medio ambiente, las condiciones laborales, la durabilidad y el aspecto de los empaques.

### 4 Conclusión

La evaluación de las pruebas y los resultados del estudio muestran que el proceso de llenado puede ser optimizado de modo que se consiga una mejora en el tiempo de llenado y el grado de limpieza. Las propiedades del papel y la construcción del saco tienen un efecto significativo sobre la velocidad de llenado y por lo tanto en el rendimiento global. La selección de la calidad del papel correcta y el número de capas de papel en combinación con agujas u otras tecnologías de barrera o de ventilación requiere conocimiento técnico y posibilidades de análisis con el fin de aclarar las interacciones para posteriormente y en base a este conocimiento optimizar el sistema de llenado.



**11 Ejemplo de un saco de papel de 15+15 segundos Gurley, en el que llena Cemento Blaine 8400**

Exemplo de um saco de papel de 15+ 15 segundos Gurley, que é preenchido com Cimento Blaine 8400

como neste exemplo, implicam em um tempo de enchimento 20% mais rápido e 50% menos de pressão interna dentro do saco (**Figura 10 e 11**).

### 3 Comparação de resultados

A Tabela 2 mostra que a diferença de permeabilidade dos sacos vazios tem um efeito sobre o tempo de enchimento. A maior pressão no saco durante o enchimento demonstrou que com papel de uma permeabilidade mais baixa, o risco de rompimento do saco é aumentado. A perfuração ainda é uma técnica comum para se conseguir a ventilação suficiente do saco, no entanto, isto afeta o produto que sai através da perfuração de maneira negativa nos seguintes aspectos: dispositivos mecânicos, meio ambiente, condições laborais, durabilidade e aspecto do empacotamento.

### 4 Conclusão

A avaliação dos testes e os resultados do estudo demonstram que o processo de enchimento pode ser otimizado de modo que se consiga uma melhora no tempo de enchimento e no grau de limpeza. As propriedades do papel e a construção do saco têm um efeito significativo sobre a velocidade de enchimento e, portanto, no rendimento global. A seleção da qualidade do papel correta e o número de camadas de papel em combinação com agulhamento ou outras tecnologias de barreira ou de ventilação requer conhecimento técnico e possibilidade de análise a fim de esclarecer as interações para posteriormente e com base neste conhecimento otimizar o sistema de enchimento.

**Tab. 2 Resultados de las pruebas de cemento** Resultados dos testes de cimento

Saco	Cemento estándar 4200 Blaine Cimento padrão 4200 Blaine			Cemento fino 8400 Blaine Cimento fino 8400 Blaine		
	Permeabilidad del saco vacío Permeabilidade do saco vazio [m³/h]	Tiempo total Tempo total [s]	Presión máx. en el saco Pressão máxima no saco [mbar]	Permeabilidad del saco vacío Permeabilidade do saco vazio [m³/h]	Tiempo total Tempo total [s]	Presión máx. en el saco Pressão máxima no saco [mbar]
2-ply 5+5	63	4.4	53	63	5.95	62
2-ply 15+15	31	6.14	87	31	7.01	103
2-ply perforado	36	5.24	71	36	6.8	87