



**Análisis de innovación y técnicas de la nanotecnología – Efectos sobre la eficacia en la producción y en la aplicación de productos nanotecnológicos**

Estudio de eficiencia ecológica de las nanolacas

Versión 11-2003

## Contenido

<b>1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Base metodológica para valoración de procedimientos concretos.....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Estudio 2: eficiencia ecológica de las nanolacas.....</b>	<b>7</b>
3.1	Contenido, objetivo y método del estudio.....	7
3.2.	Definición del ámbito examinado.....	7
3.2.1	Base de la tecnología barniz y su relevancia en el medio ambiente.....	7
3.2.2	Objeto y marco del análisis.....	9
3.2.3	Selección de variantes.....	10
3.2.4	Descripción de la carrera y los datos analizados.....	13
3.3.	Balance.....	22
3.3.1	Resultados del balance.....	22
3.3.2	Resultado del aprovechamiento.....	23
3.4.	Estimación del efecto.....	26
3.4.1.	Descripción de los efectos medioambientales.....	26
3.4.2.	Conclusión de la cantidad de los efectos.....	28
3.4.3.	Aspectos cualitativos de la estimación.....	30
3.5.	Resumen.....	30

## 1. Introducción

Frecuentemente se define la nanotecnología como la innovación de base, es decir -previsiblemente- de la nanotecnología salen muchos desarrollos innovadores en diferentes sectores tecnológicos, económicos y aplicaciones sociales. Por lo tanto, la dimensión tecnológica apunta a cambios extensos que pueden implicar a casi todos los ámbitos sociales y por tanto tendrán efectos en la sociedad.

El proyecto “Efectos sobre la eficacia en la producción y aplicación de productos nanotecnológicos” explica la valoración de sustancias y técnicas intentando prever el desarrollo futuro de la eficacia. Con todo esto, el punto esencial estriba en las posibilidades y riesgos ecológicos de esta tecnología en desarrollo.

Para mostrar la complejidad de este asunto el proyecto examina 3 aspectos de la valoración y formación tecnológica de la nanotecnología.

Primer aspecto – Prospectivo

Valoración de la nanotecnología y sus efectos por su caracterización.

Segundo aspecto – Procesos acompañantes

Valoración de los efectos sobre la eficacia en ejemplos concretos en comparación con productos y procedimientos existentes.

Tercer aspecto – Creación

Ejemplos en la creación técnica, incluyendo las perspectivas a corto y largo plazo.

Con un ejemplo de la eficiencia ecológica de las nanolacas se explicará el segundo aspecto.

## 2. Base metodológica por la valoración de procedimientos concretos

La definición de perfiles ecológicos contiene los pasos siguientes:

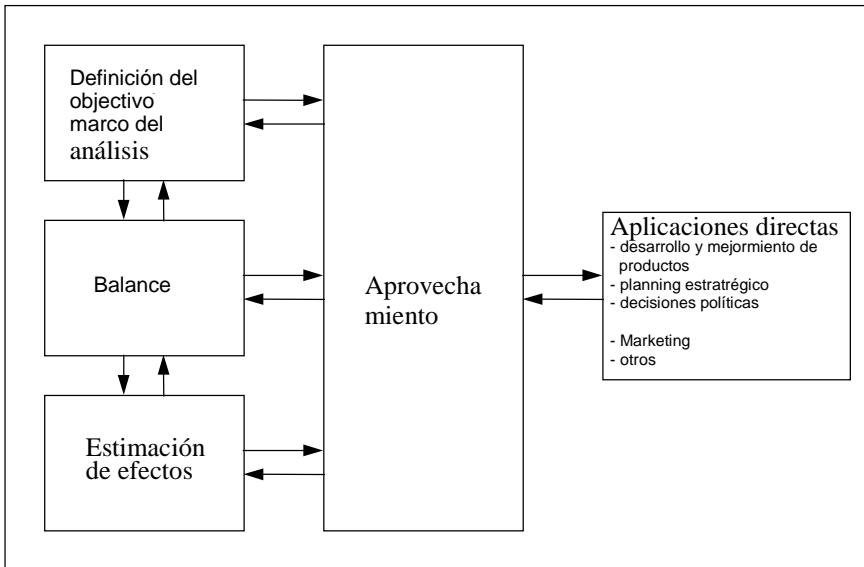
- formulación de condiciones-marco y la definición del ejemplo respectivo
- formulación de opciones comparables (ya sea en procesos o productos)
- adquisición de datos y balance de los ejemplos (balance adjunto al DIN ISO 14040)
- estimación de efectos adjunto al DIN ISO 14040
- análisis/discusiones del riesgo toxicólogo
- análisis en profundidad del tema
- resumen de las valoraciones de los ejemplos

Por la mejor comprensión se explica brevemente el método del balance ecológico. Según EN ISO 14040 un balance ecológico contiene los pasos siguientes:

- Definición del objetivo y el marco de examen
- Balance
- Estimación del efecto
- Aprovechamiento

La relación de estos pasos se aclara en la próxima ilustración; luego se explican los pasos en detalle.

Ilustración 1. Pasos para hacer un balance ecológico



fuente: EN ISO 14040 1997

En la primera fase de la definición del objetivo y el marco de examen los siguientes aspectos deberían fijar y documentar el resultado.

- Propósito previsto
- Razones para la ejecución
- Público objetivo
- Límites del sistema
- Nivel de calidad de datos (fuentes etc.)
- Funciones del sistema del productivo
- Unidad
- Categorías efectivas y métodos de aprovechamiento
- Estimaciones y restricciones
- Forma de control crítico

En el balance hay la colección, combinación y cálculo de los datos. Un balance ecológico incluye normalmente un producto o servicio en todo su ciclo. Los datos de los componentes y de la energía deben estar colocados por cada ciclo en unidades físicas. Por eso, es necesario poner los datos del consumo de materias primas y auxiliares y también los de la energía en el lado de input, en el lado de output se pone los datos de productos, emisiones al aire, al agua y basuras.

En la **estimación del efecto** los datos están estructurados (clasificación) y resumidos (caracterización). De esta manera el consumo de recursos y emisiones de un ciclo de vida de un producto están en conexión con efectos medioambientales que están siendo discutidos tanto por expertos como por el público en general.

En la tabla siguiente hay una lista de categorías de efectos y sus sustancias.

**Tabla 1: categorías de efectos y sus sustancias**

Categoría de efectos	Sustancias y factores
Consumo de efectos	Consumo de recursos (petróleo, gas, carbono, minerales, madera etc)
Efecto invernadero	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), metano (CH <sub>4</sub> ), gas hilarante (N <sub>2</sub> O)
Reducción del ozono estratosférico	Hidrocarburo de flúor cloro, hidrocarburos de bromo, hidrocarburos alógenos
Toxicidad humana	Hidrógenos de flúor orgánicos (VOC), disolventes orgánicos, benzoato, componentes de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio, plomo, níquel, etc.) dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ), óxido de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ), flúor, hidrógeno de flúor, hidrógeno de cloro, monóxido de carbono (CO), hollín
Toxicidad ecológica	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ), óxido de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ), flúor, hidrógeno de flúor, hidrógeno de cloro, plomo (Pb), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), zinc (Zn), cromo (Cr), níquel (Ni), (AOX)
Contaminación de verano	Oxido nitrógeno (NO <sub>x</sub> ), metano (CH <sub>4</sub> ), hidrógenos de flúor orgánicos (VOC).
Acidificación	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ), óxido de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ), amonio (NH <sub>3</sub> ), clorhídrico (HCl), hidrógeno de flúor (HF)
Eutrofización acuática	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), demanda oxigena química (CSB), fósforo total, nitrógeno total
Eutrofización terrestre	Óxido nitrógeno (NO <sub>x</sub> ), amonio (NH <sub>3</sub> )
Carga del espacio natural	Explotación de materias primas (p.e. explotación de carbono y mineral), utilización de terrenos con calidad ecológica (p.e. agricultura)

El último paso del balance económico es la conclusión. La conclusión contiene:

- Definición de los parámetros significantes
- Juicio de la calidad del balance ecológico y

Consecuencias, recomendaciones y reporte.

## 3. Estudio 2: eficiencia ecológica de las nanolacas

### 3.1. Contenido, objetivo y método del estudio

Este estudio analiza el potencial ecológico de recubrimientos hechos en base a la nanotecnología. El recubrimiento de aluminio por las nuevas nanolacas en base a tecnología sol-gel es un ejemplo concreto. La estimación de la relevancia ecológica está hecha con una estimación de balances ecológicos comparados.

El examen de aspectos ecológicos consiste en la comparación con otros sistemas de laca, es decir, lacas de agua, lacas en base de disolventes y lacas de polvo y los pre-tratamientos necesarios.

### 3.2. Definición del ámbito examinado

#### 3.2.1 Base de la tecnología barniz y su relevancia en el medio ambiente

El barniz significa el recubrimiento de superficies con elementos orgánicos endurecibles. Se aplica los elementos orgánicos en capas finas. Reacciones químicas o procesos físicos causan un film firme pegando en el objeto. El proceso de barniz incluye tanto el pretratamiento de la superficie como el postratamiento. Los procedimientos esenciales son los siguientes:

- Pretratamiento (pulir, afilar, desengrasar, decapar, fosforescer, cromar, pasivizar)
- Barnizar
- Postratamiento

Todas las lacas líquidas contienen los mismos elementos básicos con cuatro componentes principales:

- Aglutinante
- Disolvente
- Colorante (pigmentos orgánicos u inorgánicos)
- Llenadores / aditivos

#### **Pretratamiento:**

La superficie del objeto tiene que estar sin grasa y polvo, se hace por unos procedimientos físicos y químicos. El pretratamiento sirve para mejorar la protección anticorrosiva y para aumentar la potencia adhesiva del barniz. Pasos del pretratamiento son:

- Para aceros sin aleación: desengrasar, decapar, fosforescer, pasivizar.
- Para aluminio: desengrasar, desóxidar, cromar o aplicar capas de conversión sin cromo a base de circonio, molibdeno, titanio o silicato.

Frecuentemente, las superficies de objetos hechos de aluminio están cromados. Se pone el objeto en un baño de cromo después de desengrasarlo y decapararlo. El baño es muy ácido (PH entre 1 y 2) y contiene ácido de cromo y flúores complejos – como componentes más importantes. Las superficies de zinc están cromadas a causa de la protección contra la corrosión para evitar la producción de óxido blanco. A veces un paso durante el pretratamiento puede ser un tratamiento mecánico (por ejemplo pulir la superficie de un coche en caso de arañazos).

En unos casos se aplica una capa de pintura para unir la superficie del objeto y la laca. Esta capa de pintura sirve también para la protección contra la corrosión y contiene cromos así como combinaciones de zinc y plomo.

### **Importancia del cromado**

Hasta ahora el cromado de aluminio y otros metales era indispensable para la adhesión de la laca. Sobre todo el aluminio, con la influencia de oxígeno aéreo, produce en muy poco tiempo una fina capa de óxido de aluminio. Hasta hoy en día se han tratado los metales con ácido de cromo para posibilitar la adhesión de las lacas a la superficie de metales. Por lo tanto, se reduce el grosor de la capa del óxido existente, se eliminan partículas de otros metales y se produce una nueva capa de una mezcla de aluminio y óxido de cromo. El resultado es una superficie de aluminio que esta protegido contra la corrosión y una producción de una capa de adhesión para barnizar finalmente el objeto. El procedimiento de cromado es un gran problema a causa de la contaminación del medio ambiente.

Además la contaminación de las combinaciones de cromo, es problemático:

El ácido de cromo es fuertemente corrosivo. El proceso de cromado produce residuos de cromo (III y VI) que necesitan una limpieza intensa por una planta reciclaje de agua. Las sustancias de cromo (VI) son muy tóxicas y además cancerígenas. El coste para eliminar sustancias que contienen cromo (VI) es muy alto (Anger 1982, Funk 2003). Como consecuencia de la normativa de la UE (2000/53/UE) es indispensable evitar el uso de productos con cromo para el pretratamiento de objetos para barnizar a partir del año 2007.

Por eso, ya desde hace unos años, se hacen esfuerzos para encontrar alternativas para el recubrimiento como protección anticorrosión de objetos de aluminio. Varios sistemas – por ejemplo la pre-anodización – estaban desarrollados pero ningún de estos sistemas podían mostrar la misma protección anticorrosiva que el proceso de cromado.

Por eso, el desarrollo de la compañía Nano Tech Coatings GmbH de nanolacas producidas con polímeros orgánicos inorgánicos es un sistema muy interesante. Esta laca no necesita un pretratamiento de cromado o un procedimiento similar.

### **Procedimiento de barnizado**

Los componentes esenciales de la laca son aglutinantes, colorantes y disolventes. La composición de aglutinantes (resina de laca) determina el carácter del recubrimiento, por ejemplo la firmeza de adhesión, resistencia mecánica y química, el brillo y la durabilidad. Los colorantes dan primariamente el color pero pueden contener también aditivos para la protección corrosiva (por ejemplo polvo de Zinc o estabilizantes protectores de rayos UV) Además los pigmentos cubren desigualdades de la superficie.

### **Relevancia para el medio ambiente del lacado**

En el año 1995 un análisis en los doce sectores más importantes en el procedimiento de lacado – excepto fabricaciones en serie de automóviles (Mink et al 1995) mostró una emisión de 335 000 t de disolventes. Las emisiones en comparación, de los fabricaciones en serie de automóviles son muy bajas, unas 30 000 t que son más o menos las emisiones del lacado en reparaciones de coches. Por lo tanto los procesos industriales de la pintura en la industria del automóvil muestran un alto estándar del medio ambiente.

En consecuencia las emisiones son unas 370 000 t incluyendo la industria del automóvil. Esto es alrededor del 40 % de todas las emisiones de disolventes o sea unos 15 % de las VOC-emisiones.

#### *3.2.2. Objeto y marco del análisis*

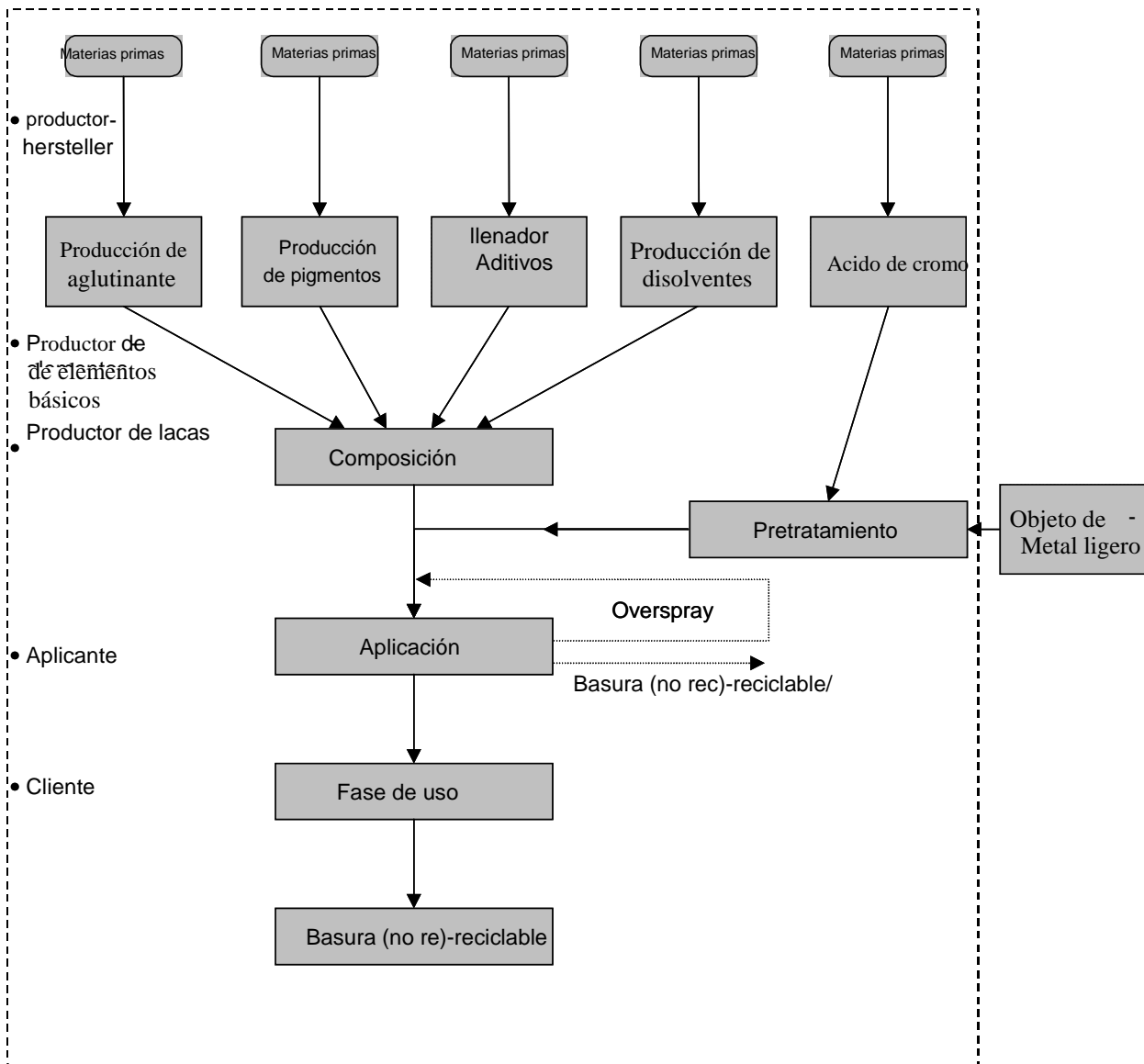
El objeto es el tratamiento de superficies de aleaciones ligeras usados frecuentemente en la industria del automóvil. El tratamiento de una superficie de 1m<sup>2</sup> de un objeto de aluminio de un automóvil con lacas claras es una unidad en este análisis.

El marco del análisis representa todo el ciclo de la laca incluyendo el pretratamiento de la superficie. Los pasos en detalle son:

- Extracción de materias primas
- Producción de materiales básicos (aglutinantes, disolventes etc. )
- Producción de laca
- Pretratamiento de la superficie
- Aplicación (procedimiento de lacado)
- Fase de uso
- Eliminación/Reciclaje

En el análisis, el proceso del pretratamiento de la superficie está limitado por la falta de datos. Además el proceso de eliminación y reciclaje es idéntico. La producción de laca incluyendo la producción de materiales básicos, el pretratamiento, la aplicación y el procedimiento de lacado son los pasos que afectan más al medio ambiente.

**Ilustración 2: Límites del sistema para la valoración ecológica**



### 3.2.3. Selección de variantes

Criterios para la selección de variantes

- Distinción por la clase de materiales básicos (aglutinantes etc.) y la cantidad de estos
- Distinción por el modo del pretratamiento de la superficie
- Distinción por el modo de la aplicación

Los parámetros siguientes estaban fijados para el análisis de sistemas de lacas referidos al impacto sobre el medio ambiente:

- Composición de laca
- Pretratamiento de la superficie necesario
- Grosor del recubrimiento

Por medio de estos parámetros aparecen 4 variantes que describen la actual situación técnica. La quinta variante es la nanolaca pero hasta hoy no se la usa en el revestimiento de automóviles.

### **Variante 1 y 2: Lacas claras con 1 y 2 componentes (lacas convencionales)**

La laca clara de un componente es el procedimiento más antiguo dentro de los sistemas de laca clara analizados. Por eso en este sector existe un conocimiento elevado del procedimiento y un nivel alto de desarrollo. La laca clara de dos componentes es utilizada sobre todo en aplicaciones de calidad y durabilidad exigentes. En el sector de automóviles las lacas de agua y las lacas en polvo sustituyen los dos tipos de laca por que no cumplen la alta exigencia del “TA – aire”. La parte de disolventes es aproximadamente un 50 % en ambos sistemas de laca. Los dos sistemas contienen diferentes resinas (sintéticas) como aglutinante. Los componentes de aditivos son muy pocos y son normalmente elementos líquidos y componentes de protectores de rayos UV

### **Variante 3: Laca clara de agua**

En la industria del automóvil se utiliza con frecuencia la laca clara de agua. Esta laca contiene más disolventes que las lacas convencionales pero el disolvente más utilizado es agua (39,8 %) evaporándose totalmente en el proceso de secado, por lo tanto sin inconvenientes para el medio ambiente.

### **Variante 4: laca clara en polvo**

La laca clara en polvo no contiene disolventes al contrario de otros sistemas de laca, por eso es muy respetuosa con el medio ambiente. De momento se hacen muchos esfuerzos para utilizar las lacas en polvo en muchos sectores. Pero de la falta de disolventes resultan unas desventajas: Por ejemplo una aplicación por inmersión no es posible.

### **Variante 5: nanolaca clara de la compañía NTC**

La nanolaca, recientemente desarrollada, se distingue básicamente de las lacas convencionales por las siguientes características:

Los componentes son totalmente distintos. La nanolaca contiene – como otras lacas líquidas – aglutinantes, disolventes, llenadores y aditivos. Pero el aglutinante no es de una estructura orgánica sino de unos polímeros híbridos orgánicos inorgánicos.

La nanolaca está producida con la técnica sol-gel. El proceso sol-gel es conocido ya desde hace un cierto tiempo, pero en los últimos años los estudios de desarrollo e investigación le han dado mayor importancia. Este proceso es un campo muy prometedor dentro de la nanotecnología.

Se puede transformar la nanolaca con unos procedimientos ya conocidos en la industria. Las partículas se transforman en un gel durante el proceso de secado sol (la laca líquida). Se calienta el material a 160° C, el disolvente se evapora totalmente del recubrimiento y las partículas se conectan en una red de polímeros (Van Ooij et al 2002).

Por un lado, importantes ventajas de la laca se deben a que un reducido grosor de recubrimiento es suficiente para la misma funcionalidad, por otro lado, que el pretratamiento de cromatizamiento no es necesario.

**Tabla 2: Resumen de las variantes analizadas**

		<b>Variante 1: 1 K CC</b>	<b>Variante 2: 2 K CC</b>	<b>Variante 3: laca de agua</b>	<b>Variante 4: laca en polvo</b>	<b>Variante 5: Nanolaca</b>
<b>lacombinación</b>	Aglutinante Aditivos Disolventes	46,7% 2,6% 50,7%	51,5% 3,5% 45%	41,6% 1,4% 57%, de esto agua: 39,8%	95% 4,6% 0,4%	55% <sup>1</sup> 3% 42%
<b>de</b>	Variantes utilizados	Cromatizar Fósforecer Anodización	Cromatizar Fósforecer Anodización	Cromatizar Fósforecer Anodización	Cromatizar Fósforecer Anodización	Limpieza alcalina
<b>pretratamiento</b>	Componentes utilizados (Cromatizar)	Cromo (VI) o Cromo (III)	Cromo (VI) o Cromo (III)	Cromo (VI) o Cromo (III)	Cromo (VI) o Cromo (III)	Limpieza alcalina
<b>superficie</b>	Cantidad de baños	10-12	10-12	10-12	10-12	3
	<b>Grosor de capa</b>	35 $\mu$ m	35 $\mu$ m	35 $\mu$ m	65 $\mu$ m	5 $\mu$ m
	<b>Demanda de energía primaria</b>	87 MJ/kg	97,7 MJ/kg	62,9 MJ/kg	124 MJ/kg	

fuelle: Harsch und Schuckert 1996

### 3.2.4 Descripción de la evolución y los datos analizados

El estudio “El balance de la técnica de lacas en polvo en comparación a otras tecnologías de barniz” de Harsch y Schuckert / 1996 en la cual se compara el balance ecológico del barniz en polvo con otras tecnologías de barniz, es la base de los datos siguientes.

*Producción de materias primas y básicas (componentes de barniz)*

#### **Materias primas para el pretratamiento de superficies (Cromado)**

El mineral de cromo es la materia prima por lo cual se producen productos de cromo (VI) necesarios para el cromado

**Tabla 3: Extracción de mineral de cromo**

Mineral de cromo: Extracción mundial de 1986 a 1996 en 1000t/a

Año	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Europa	5822,1	5648,9	5704,2	6394,7	5966,2	5527,9	5438,4	4201,3	4528,1	4887,5	3691
Africa	4555,3	4552,2	4987,5	5772,1	5326,6	5820,6	4056,8	3246,5	4274,6	5941,9	5779,2
América	273	243,4	282,1	320,8	307,4	433	499	357,6	458,6	462,4	458,5
Asia	968	926,8	1065,8	1385,7	1243,5	1376,5	1392,4	1357,8	1611,8	2333,4	2032,5
Oceania	72,2	61,8	70,3	60,3	6,2		8,2				
<b>mundo total</b>	<b>11690,6</b>	<b>11433,1</b>	<b>12109,9</b>	<b>13933,6</b>	<b>12849,9</b>	<b>13158,0</b>	<b>11394,8</b>	<b>9163,2</b>	<b>10873,1</b>	<b>13625,2</b>	<b>11961,2</b>

fuelle: DIW: Beiträge zur Strukturforschung, Heft 184

Sudáfrica es el mayor productor del mundo de mineral de cromo con un porcentaje entre el 30 % (1992) y el 42 % (1996), les siguen Kazajistan, Turquía y La India. En 1996 los 6 mayor productores extrajeron 86 % del total mundial.

Los minerales de cromo se utilizan principalmente en la metalurgia, en la producción de acero refinado. En la industria química se produce diferentes combinaciones de minerales de cromo para varios sectores. Dentro de estas combinaciones, está también el cromo (VI) (cromotrióxido CrO<sub>3</sub>) necesario por el cromado.

Según unos analices en 1993 de la Bureau of Mines estadounidense, en los países OCDE se consumía el 77 % del cromo en la metalurgia, 9 % en la industria refractaria y 14 % en la industria química. Los mercados parciales de la industria química – incluido la producción de ácido de cromo – se van reduciendo más y más a causa de la protección del medio ambiente.

## Aglutinante

En los sistemas de laca hay una gran cantidad de resinas orgánicas y sintéticas como aglutinante. En todas las lacas se utilizan aglutinantes dependientes de la exigencia y cantidades.

- Resinas acrílicas que están sintetizadas de diferentes productos
- Resinas de epoxi
- Resinas de **Poliuretano**, producidas de **Polyether** y poliéster
- Resinas de poliéster son productos de condensación de **Monómero**
- Resinas de **alcalinas** están producidas de alcohol y ácidos de carbono
- Resinas de **Melamin** están sintetizadas por **Melamin** y formaldehído

## Endurecedores

- **Isophorondiisocyanat (IPDI)**
- **Hexamethylendiisocyanat (HMDI)**
- **Phtalsaureanhydrid (PSA)** en lacas de polvo
- **Triglycidylisocyanurat (TGIC)**
- **Silane** en nanolacas

**Tabla 4: Aglutinantes y endurecedores en diferentes variantes**

	Variante 1: K CC	Variante 2: K CC	Variante 3: laca de agua	Variante 4: laca en polvo	Variante 5: Nanolaca
% de aglutinantes y endurecedores	46,7%	51,5%	41,6%	95%	55%
Aglutinantes utilizados	<b>Acrylatharz, Melaminharz, Polyurethanharz</b>	<b>Acrylatharz</b>	<b>Acrylatharz, Melaminharz, gesättigter Polyester</b>	<b>Acrylatharz</b>	Resina epoxy (parte: 50%)
Endurecedores utilizados		<b>HMDI-Präpolymer</b>		Endurecedor de ácido (PSA)	<b>Silane</b> (parte: 50%)

Quelle: Harsch und Schuckert 1996

## Disolventes

Componentes orgánicos sirven como disolventes. Antes de la aplicación los disolventes sirven para que la laca siga siendo líquida. Después de la aplicación los disolventes se evaporan y la laca endurece. Disolventes utilizados son:

- Alcohol de **Diaceton**
- **N-Methylpyrollidon**

- Aromates
- Butylacetat
- Butyldiglykolacetat
- N-Butanol
- Butanol secundario
- Butyl(poly)glykol

Además, pigmentos, llenadores y aditivos están añadidos en pequeñas cantidades que no tienen influencia en el cálculo.

### *Producción de laca*

#### **Sistemas de lacas líquidas**

La producción de laca se realiza generalmente con la mezcla de todos los componentes necesarios. El análisis no considera pérdidas, que son muy pequeñas. Aglutinantes, disolventes, pigmentos y llenadores son mezclados y luego molidos. Finalmente se añaden los componentes aditivos. Después de filtrar, se embotella la mezcla.

#### **Sistemas de laca en polvo**

En la producción de laca de polvo todos los componentes son pesados y luego mezclados. Se pulveriza la mezcla en varios niveles. Las pérdidas son más altas que las de lacas líquidas, un 2 – 5 %.

#### **Sistemas de nanolaca**

La producción no se distingue mucho en el proceso pero sí en los aglutinantes. Tradicionalmente los aglutinantes son orgánicos. Pero también se utilizan aglutinantes inorgánicos en algunos sectores. Unas ventajas son la dureza y la resistencia. Pero no hay muchos sectores que utilicen estos elementos de recubrimiento porque también tienen unas desventajas graves, por ejemplo, la difícil aplicación y la aspereza después de endurecer.

En la clase de lacas producidas con la nanotecnología se utiliza polímeros híbridos inorgánicos orgánicos. Estos nuevos aglutinantes son una mezcla de aglutinantes orgánicos e inorgánicos y unen las ventajas de los dos elementos. En el proceso de endurecimiento las partículas inorgánicas forman una red parecida al cristal con elementos orgánicos ligados.

En principio, la base de las reacciones químicas durante la producción de nanolacas es el proceso sol-gel. Frecuentemente son utilizadas, composiciones orgánicas de silicio – se llaman sílice –. La síntesis de aglutinante resulta por la hidrólisis de alcoxisílice. Esta parte de la reacción, causa la producción de la parte inorgánica del aglutinante.

Cadenas de moléculas orgánicas reaccionan en las composiciones de sílice a cadenas orgánicas. A causa de la producción de esta red inorgánica orgánica, la laca endurece.

El estado de la laca durante la elaboración corresponde al estado antes de endurecer. El aglutinante es un sistema fluido coloidal en el que las partículas de coloide tiene un diámetro de unos 40 – 50 nm. En el disolvente hay en este momento sílice que aun no ha reaccionado, **silanole** y también polisiloxano producido parcialmente. En química, este sistema coloidal es el

estado sol. Después de aplicar y endurecer la laca, se habla del estado gel. Por eso, el proceso entero se puede definir como proceso sol-gel.

### *Pretratamiento de la superficie*

Normalmente se protegen objetos de acero y aluminio antes del barniz contra la corrosión con diferentes tratamientos de la superficie. Para eso sirve la aplicación de un recubrimiento de conversión. El cromado es, sobre todo con el aluminio, el procedimiento de la protección anticorrosivo. Se hace el pretratamiento en un baño o por un procedimiento de pulverización con productos de cromo. Es posible hacer el pretratamiento de la superficie de aluminio con los siguientes procedimientos: óxido químico, fosforación o anodización.

### **Cromado**

Al cromar se produce un recubrimiento por conversión de cromos complejos. El grueso de esta capa mide solamente dentro de 0,01 y 10 micras. El procedimiento del cromado es muy complejo. En sectores automatizados, por ejemplo el recubrimiento de carrocerías, se necesitan para un solo objeto diez o más baños repetidos. Los siguientes procesos son indispensables:

- Limpiar: procedimientos químicos y disolventes que quitan grasa, aceite y otras partículas de la superficie
- Lavar: se quita los disolventes o químicos de la superficie  
En el caso de que se utilice solamente disolventes orgánicos durante la limpieza, este paso no es necesario
- Activar: por el uso de activantes (por ejemplo soluciones de salitre y azufre) se crean capas de cristal de estructuras más finas
- Cromar.
- Lavar: todos los componentes necesarios para el cromado y fósforación se quitan con agua totalmente desalada. La temperatura del agua no puede ser más alta que 50 – 60 C durante el cromado.
- Pasivizar: La capa aplicada es pasivizada por ácidos fuertemente diluidos (ácido de cromo / de cromo fósforo) en baños o con spray.
- Secar: se seca el objeto directamente después del proceso líquido. Para evitar capas enjuagables o polvorientas la temperatura de secado no debe ser de más que 60° C (cromado transparente y amarillo), ó 80° – 90° C (cromado verde).

El recubrimiento de conversión es de óxidos híbridos de cromo VI y III y de aluminio. El grosor de la capa está clasificado en tres categorías (Jelinek 1997):

**Categoría 1:** grosor de capa de 3,2 a 11 g/m<sup>2</sup>;

Aplicación para una resistencia corrosiva muy alta, también sin barnizar

**Categoría 2:** grosor de capa de 1,1 a 3,8 g/m<sup>2</sup>;

Protección anticorrosiva y pretratamiento antes de barnizar

**Categoría 3:** grosor < 1 g/m<sup>2</sup>;

Solamente para decoración, casi no hay protección anticorrosiva.

Las características (por ejemplo grueso de capa y resistencia a la corrosión) dependen de la temperatura del baño, del tiempo del procedimiento y los componentes del baño de cromo. En la tabla 5, resumen de los diferentes componentes del baño.

**Tabla 5: Combinaciones típicas de diferentes baños de cromo:**

Combinación	Cantidad (g/l)	PH-valor	Temperatura (°C)	Tiempo del tratamiento (min)
Acido de cromo Na-(o K)-dicrómico Fluorita de potasio	3 – 7 3 – 6 0,5 - 1	1,2 – 1,8	30 – 35	2 - 5
Acido de cromo Dicrómico de sodio Fluorita de sodio	3,5 – 4 3 – 3,5 0,3	1,5	30	3
Acido de cromo Dicrómico de sodio Fluorita de sodio	5 7 0,6	1,8	30 – 35	2 – 3
Dicrómico de amónico Acido de flúor-hidrógeno	10 – 350 0,25 – 11	< 3	30	1 - 5

fuelle: Jelinek (1997)

## Fosforización

Los procedimientos de fosforización son utilizados – como estándar – para el pretratamiento de acero y hierro. Pero también para el pretratamiento de aluminio, estos procedimientos son una alternativa del cromado.

Cuando se trata aluminio con un ácido de fósforo, se produce un film fino de fósforo de aluminio. La fosforización es – en comparación del cromado y de la anodización – más caro y más complicado, pero este proceso produce filmes más resistentes de corrosión y más adherentes

Se utilizan normalmente soluciones con componentes similares para fosforización del aluminio y el tratamiento de acero. Componentes esenciales son:

1. Metallhydrogenphosphate
2. Elementos de oxidación
3. Fluores complejos

## Anodización

El procedimiento de la anodización es comparable con el de cromado, es decir, la cantidad de los baños y la complejidad del proceso. Pero la anodización tiene unas ventajas ecológicas (sin cromo ni flúor). Los componentes utilizados para el cromado contienen cromo y flúor y son reemplazados por ácido sulfúrico. Eso significa menos problemas con aguas residuales y basura. Además el recubrimiento de conversión es más resistente a la corrosión que el procedimiento de cromado.

## Pretratamiento de nanolaca

El barniz de nanolaca no necesita un pretratamiento especial. Solamente los primeros pasos del procedimiento, por ejemplo la limpieza alcalina, son necesarios:

**Tabla 6: Comparación de los procedimientos por la cantidad de baños**

Baños	cromatizar	anodización	Pretratamiento por la aplicación de nanolaca
1	Desengrasar alcalinamente	Desengrasar alcalinamente	Limpieza alcalina
2	Lavar	Lavar	Lavar
3	Macerar alcalinamente	Macerar alcalinamente	
4	Lavar	Lavar	
5	Lavar	Lavar	
6	Decapar/Activar	Decapar/Activar	
7	Lavar	Lavar	
8	Cromado	Anodización	
9	Lavar	2 x Lavar	
10	VE-lavar	Aumentar densidad	

fuentes: Funk (2003)

**Tabla 7: Ventajas y desventajas ecológicas de los procedimientos**

		<b>Cromado amarillo</b>		<b>Anodización</b>		<b>Pretratamiento para nanolaca</b>	
<b>Componentes</b>	<b>Componente</b>	<b>Acido de cromo (CrO3)</b>		<b>Acido sulfúrico (H2SO4)</b>		<b>Limpieza alcalina (pH-Wert 8 bis 10)</b>	
	Clase de peligrosidad de agua	WGK 3		WGK 1		WGK 2	
	Almacenaje	Almacenaje de elementos peligrosos difícil en aspectos de ley y construcción		Almacenaje más fácil		Almacenaje fácil	
	Indicaciones de peligros y recomendaciones de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- indicaciones especiales necesarias utilizando ácido de cromo (protección laboral)</li> <li>- muy tóxico para organismos de agua</li> <li>- causa cáncer</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- indicaciones especiales necesarias utilizando ácido sulfúrico (protección laboral)</li> <li>- es muy corrosivo</li> </ul>		- Respirar o comer perjudica la salud	
<b>Técnica de plantas</b>		<b>Baño</b>	<b>Spray</b>	<b>Baño</b>	<b>Spray</b>	<b>Baño</b>	<b>Spray</b>
<b>Input / Output</b>	Cantidad de agua	La técnica de baño necesita mucho agua	Se puede minimizar	La técnica de baño necesita mucho agua	Se puede minimizar	La técnica de baño necesita mucho agua	Se puede minimizar
	Calidad de basura	Cr <sup>3+/6+</sup> muy tóxico		Solución con sulfato ácido		90% ecológico biodegradable	
	Aire	Contiene vapores de ácidos de cromo		Contiene vapores de ácidos sulfúricos que son devueltos después de la condensación		No hay consecuencias	
	Energía	Temperatura del baño 25-40°C, gran cantidad de agua que tiene que conservar a esta temperatura	Temperatura del baño 25-40°C	Temperatura del baño a temperatura ambiente, eventualmente refrigeración	Temperatura del baño a temperatura ambiente, eventualmente no hace falta refrigeración	No como habitual 10 - 12 baños diferentes, solamente son necesarios 3 baños	
	Tiempo del proceso	Aprox 5 Minutos		Aprox. 5 Minutos			
<b>características técnicas y económicas</b>	Necesidad de sitio de la planta	Aprox. 100 m <sup>2</sup>	Aprox. 20 m <sup>2</sup>	Aprox. 100 m <sup>2</sup>	Aprox. 20 m <sup>2</sup>	Mucho menor	
	Redimiento	100 - 200 m <sup>2</sup> /h	200 - 400 m <sup>2</sup> /h	100 - 200 m <sup>2</sup> /h	200 - 400 m <sup>2</sup> /h		
	Grosor de capa (capa de conversión)	3 - 8 µm		10 µm		Ningún	
	Volumen	unos 20 m <sup>3</sup> por baño y limpieza	Aprox. 5-10 m <sup>3</sup> por baño activo y Aprox. 5 m <sup>3</sup> limpieza	Aprox. 20 m <sup>3</sup> por baño y limpieza	Aprox. 5-10 m <sup>3</sup> por baño activo y Aprox. 5 m <sup>3</sup> limpieza		

Regulaciones legales	Regulación 2000/53/EG		
----------------------	-----------------------	--	--

fuelle: Funk (2003)

### Aplicación

La nanolaca – punto esencial de este estudio – se puede aplicar de la misma manera que una laca de un componente después del pretratamiento de la superficie. La diferencia esencial con otros sistemas de laca es que se necesita solamente la décima parte de pintura.

Los datos de plantas nuevas con la misma capacidad de producción son la base de la siguiente comparación en la aplicación de los diferentes sistemas de laca. El proceso general de la aplicación se muestra en la tabla no. 8. Se puede ver que la aplicación necesita generalmente 3 pasos: interior, exterior y postratamiento manual.

**Tabla 8: Procedimiento del recubrimiento con laca clara**

1 K CC, 2 K CC, Nanolaca	Laca clara de agua	Laca clara en polvo
Secador intermedio	Secador intermedio	Secador intermedio
Zona frigorífica	Zona frigorífica	Zona frigorífica
Esclusa aérea	Esclusa aérea	Esclusa aérea
<b>Recubrimiento</b> Interior de la carrocería Estación de robot	<b>Recubrimiento</b> Interior de la carrocería Estación de robot	<b>Recubrimiento</b> Interior de la carrocería Estación de robot
<b>Recubrimiento</b> Exterior de la carrocería <b>ESTA</b> - estación	<b>Recubrimiento</b> Exterior de la carrocería <b>ESTA</b> - estación	<b>Recubrimiento</b> Exterior de la carrocería <b>Tribo</b> - estación
Postratamiento manual	Postratamiento manual	Postratamiento manual
Esclusa aérea	Esclusa aérea	Esclusa aérea
	IR-pre-secador	
Secador	Secador	Secador

Fuente: Harsch y Schuckert 1996

Durante la aplicación se puede influir en unos parámetros que tienen influencia en la calidad y en la cantidad del output. Unos parámetros son: el tipo de laca, el sistema de laca, el tipo de energía y la capacidad de producción. Los datos de este estudio se basan en parámetros por término medio y están explicados en el anexo.

**Tabla 9: Parámetros variables y sus resultados en los diferentes sistemas de laca**

Sistema de laca		1 K CC	2 K CC	Laca de agua	Laca en polvo	Nanolaca
Capacidad de producción		40 carrocerías por hora				
Superficie barnizada		20 m <sup>2</sup>				
Cantidad de laca	Grueso de la capa	35 µm	35 µm	35 µm	65 µm	5 µm
	Grado efectividad de la aplicación	63,6%	63,6%	61,5%	64,7%	63,6%
	Overspray-reciclaje	no	no	no	no	no
	Cantidad de laca kg / carrocería		2,303	3,174	2,421	0,32

fuelle: Harsch und Schuckert 1996

#### *Fase de utilización, eliminación y reciclaje*

En la fase de utilización se definen los diferentes efectos medioambientales de las variantes analizadas que resultan por la cantidad de la laca. En este estudio se supone la vida de un automóvil de 200 000km. También la ley del consumo inferior definida por Harsch y Schuckert (1996) está tomando en cuenta.

La ley del consumo inferior dice que la reducción del peso en un 10 % causa una reducción del consumo de 2,5 – 6 %. En la zona entre el 90 – 100 % del peso total se supone que la reducción del peso y el ahorro de combustible son proporcionales La base del consumo viene dada por los datos GEMIS 4.1 de un automóvil con un consumo medio.

### 3.3 Balance

El balance muestra las relaciones elementales y energéticas entre el sistema del recubrimiento y el medio ambiente, es decir, que se registra los datos del input (lo que se toma del medio ambiente) y los del output (lo que se da al medio ambiente). La meta del balance es, hacer un inventario de datos según las variantes elegidas.

#### 3.3.1 Resultados del balance

Las siguientes tablas representan los inputs y outputs para las variantes analizadas.

**Tabla 10: Cantidades para el cromado y barnizado (g/m<sup>2</sup> superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil)**

	1 K CC	2 K CC	Agua CC	Polvo CC	Nanolaca
Cromado	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00
Aglutinante / Endurecer	59,99	59,30	66,02	115,00	8,80
Aditivos	3,34	4,03	2,22	5,57	0,48
Disolventes	65,12	51,82	27,30	0,48	6,72
Agua	0,00	0,00	63,16	0,00	0,00
Total	130,95	117,65	161,20	123,55	16,00

fuelle: Harsch y Schuckert 1996

**Tabla 11: Consumo de energía primaria (MJ/m<sup>2</sup> superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil)**

	1 K CC	2 K CC	Agua CC	Polvo CC	Nanolaca
producción de laca	11,175	11,250	9,982	15,010	2,345
Aplicación	38,225	38,305	38,605	31,970	33,600
Fase de uso	7,37	7,37	7,66	13,87	1,02
Total	56,769	56,925	56,248	60,849	36,961

fuelle: Harsch y Schuckert 1996

**Tabla 12: Output referente a 1 m<sup>2</sup> de superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil**

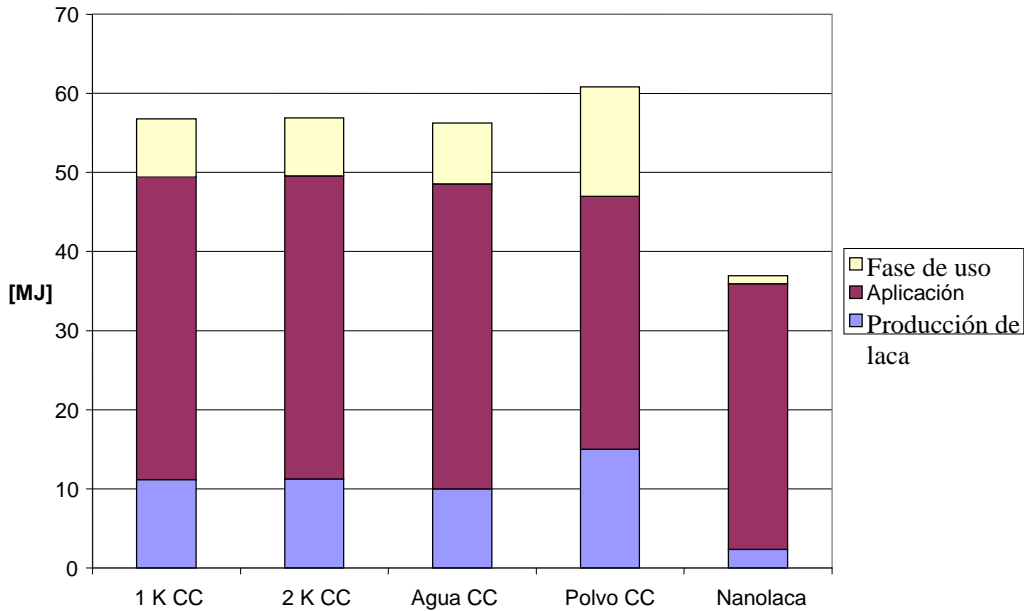
<b>Emisiones en aire</b>	<b>1 K CC</b>	<b>2 K CC</b>	<b>Agua CC</b>	<b>Polvo CC</b>	<b>Nanolaca</b>
CO <sub>2</sub> [kg]	3,001	3,010	2,935	3,171	1,984
NM VOC [g]	4,835	4,722	4,323	5,780	1,590
Metano [g]	5,821	5,796	5,899	6,109	3,989
Nox [g]	5,894	5,793	5,029	5,968	3,279
SO <sub>2</sub> [g]	2,421	2,651	2,547	2,938	1,489
CO [mg]	10471,992	10485,588	10777,813	18944,114	1869,001
Polvo [mg]	626,099	743,811	598,365	548,658	484,093
HCl [mg]	79,733	79,229	86,987	77,724	65,225
HF [mg]	27,692	27,356	29,831	24,910	23,314
N <sub>2</sub> O [mg]	63,868	63,875	66,396	120,205	8,812
NH <sub>3</sub> [mg]	40,096	40,100	41,683	75,464	5,532
<b>Emisiones en agua</b>					
Residuales [l]	198,255	195,246	203,430	171,742	165,012
CSB [g]	1,054	1,405	1,242	1,046	0,419
TOC [g]	0,956	1,123	1,005	0,972	0,519
BSB [g]	0,240	0,171	0,232	0,270	0,054
Elementos duros [g]	0,491	1,142	0,508	0,537	0,492
HC [mg]	14,409	12,612	10,969	17,101	3,374
NaCl [g]	36,622	10,746	11,486	20,955	2,353
Hierro [mg]	5,581	5,374	5,506	32,584	3,765
Níquel	0,225	0,200	0,260	0,454	0,086
Cromo [mg]	0,074	0,063	0,063	0,067	0,038
Plomo [mg]	0,330	0,376	0,350	0,299	0,282
Cobre [mg]	0,044	0,035	0,038	0,044	0,021
Cadmium [mg]	0,008	0,007	0,008	0,010	0,004
<b>Basuras</b>					
Basura industrial [g]	7,964	7,087	8,227	21,806	2,928
Basura doméstica [g]	2,274	1,747	2,275	2,158	0,486
Basura especial [g]	4,379	3,506	8,822	10,674	0,773
Basura radiactiva [g]	0,227	0,230	0,221	0,345	0,104

Fuente: Harsch y Schuckert 1996

### 3.3.2 Resultado del balance

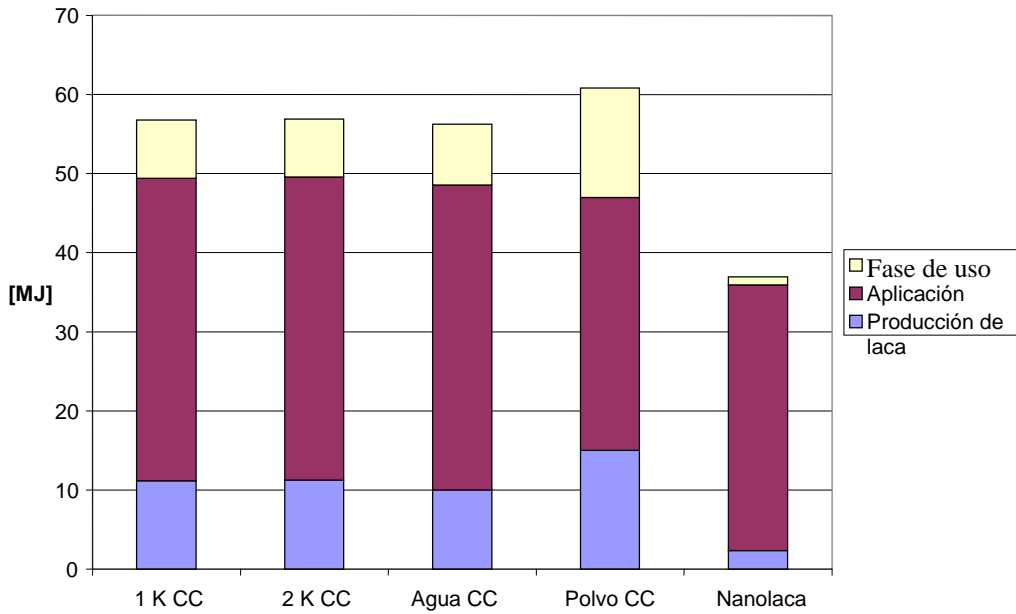
Las capas necesarias determinan la cantidad de la laca. La fina capa de nanolaca es la responsable de la alta eficiencia de los recursos. Pese a la gran cantidad de disolventes en nanolaca, la cantidad absoluta de disolventes es muy poca en comparación con otras variantes.

**Ilustración 3: Cantidades de laca y cromado (g/m<sup>2</sup> superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil)**

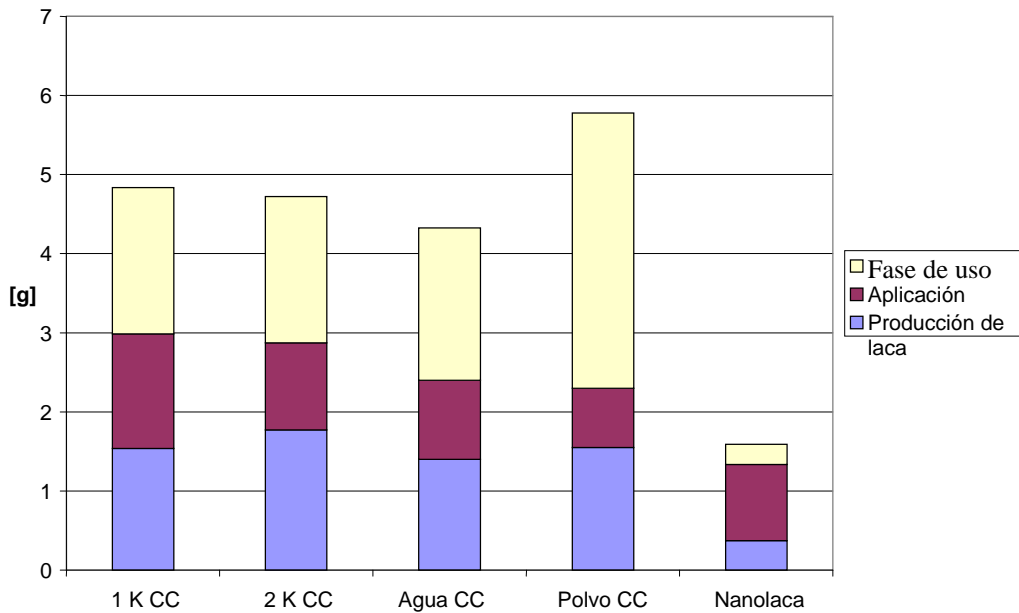


El consumo de energía primaria está definido por los gastos energéticos de la aplicación incluyendo también los gastos para el procedimiento de secar, además del procedimiento de recubrimiento. Las diferencias entre las variantes analizadas son pocas. El consumo de la energía primaria de la nanolaca es aproximadamente un 35 % más bajo, se debe por un lado a la menor cantidad de laca producida. Y por otro a que se necesitan menos combustibles por la cantidad ahorrada en la fase de uso.

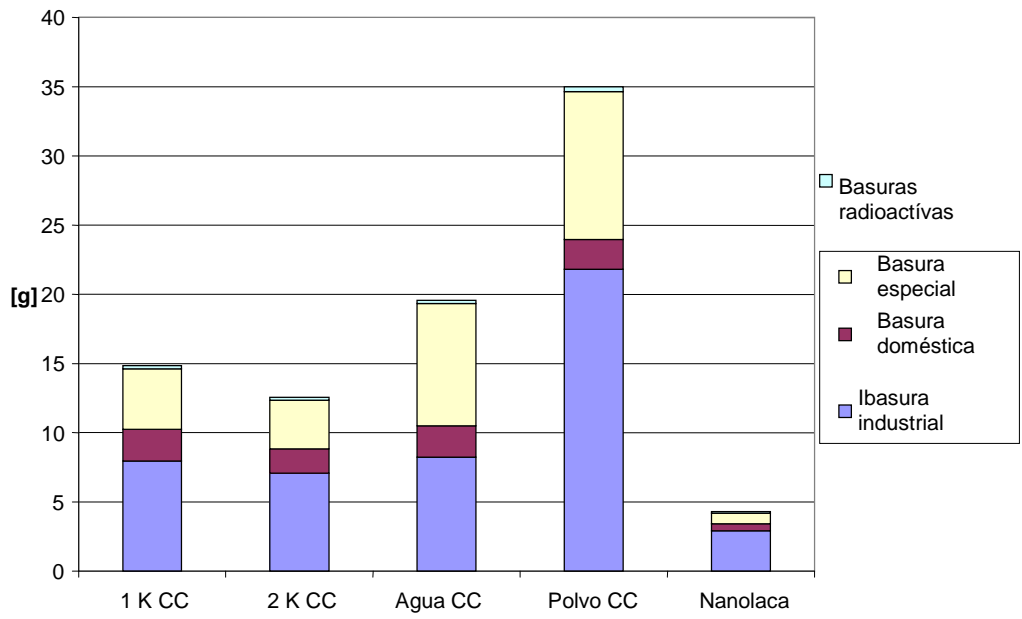
**Ilustración 4: Consumo de la energía primaria (g/m<sup>2</sup> superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil)**



**Ilustración 5: VOC-Emissiones (g/m<sup>2</sup> superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil)**



**Ilustración 8: Cantidad de basura (g/m<sup>2</sup> superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil)**



### 3.4 Estimación del efecto

Para estimar el efecto es necesario tener unos datos de emisiones que se puedan catalogar en efectos medioambientales. Teniendo estos datos presentes, se pueden aprovechar solamente para evaluar su incidencia sobre el efecto invernadero, la acidificación y eutrofización.

#### 3.4.1. Descripción de los efectos medioambientales

##### **Efecto invernadero**

Los rayos del sol que inciden sobre la superficie de la tierra durante el día, se acumulan como calor y son absorbidos en forma de rayos de infrarrojo durante la noche. Una parte de estos rayos de infrarrojo es absorbida por gases que están en la troposfera y son reflejados a la superficie de la tierra. Este efecto invernadero natural es importante para la temperatura en la tierra; sin este efecto las temperaturas de la superficie terrestre serían muchos grados bajo cero. El efecto invernadero discutido como problema medioambiental describe el calentamiento aditivo de la superficie de la tierra causando por el aumento de estos gases en la troposfera, por ejemplo nitrógeno de flúor. Los gases del invernadero más importantes son dióxido de carbono, metano, nitrógeno de flúor y óxido de nitrógeno que vienen en un 50 % del consumo de energía, 20 % de la industria química, 15 % de la agricultura y 15 % de la destrucción del bosque virgen.

El efecto invernadero es el responsable de otros efectos que resultan del calentamiento de la atmósfera, por ejemplo el aumento del nivel de mar, pero también en el cambio del tiempo: huracanes, mareas vivas, sequía etc. Además ya se notan cambios en la combinación y presencia de flora y fauna.

##### **La acidificación**

La acidificación define muchos efectos diferentes. La causa de este fenómeno son las emisiones del dióxido de azufre y del óxido de nitrógeno resultantes de la combustión de materias primas fósiles en centrales eléctricas y también del tráfico motorizado. Además las emisiones de amoníaco, hidrógeno de cloro y flúor contribuyen a la acidificación. Emisiones de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno reaccionan en combinación con el oxígeno y agua al ácido sulfúrico y nítrico.

En la estimación de efectos presente, se combina la acidificación, en inglés Acidification Potential (AP), con los factores de un estudio del “Centre for Environmental Science (CML)” holandés (Heijungs et a. 1992). También se considera sustancias que contribuyen a la acidificación después de la oxidación (por ejemplo amoníaco) o de la hidrólisis (por ejemplo SO<sub>2</sub>). En el modelo de CML solamente las emisiones aéreas están consideradas no las emisiones de agua.

## La eutrofización

La eutrofización significa añadir sustancias nutritivas en tierras y aguas. De la añadidura antropogénica de combinaciones de nitrógeno (nitratos) resultado de abonos y combinaciones de fósforo (fosfato), de detergentes y excrementos de aguas residuales resulta el sobre-abono de aguas. Las sustancias nutritivas en grandes cantidades causan el crecimiento de algas. Las algas muertas se descomponen con un alto consumo de oxígeno; el resultado es una falta de oxígeno en las aguas. En consecuencia, hay procesos de putrefacción que son responsables de la producción de sustancias tóxicas, por ejemplo ácido sulfhídrico que es la causa de la muerte de peces. Eso significa que la añadidura de sustancias nutritivas destruye efectivamente y irrevocablemente el frágil sistema ecológico

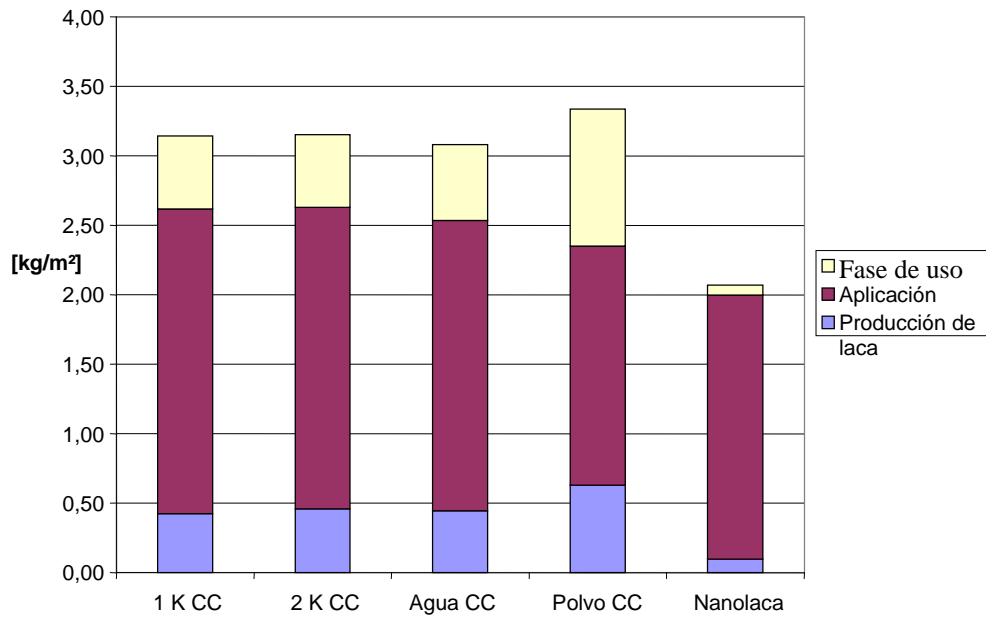
**Tabla 13: Factores utilizados**

Contaminaciones atmosféricas	Potencial del invernadero (GWP 100)	Potencial de acidificación (AP)	Potencial de eutrofización (NP)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1		
Metano (CH <sub>4</sub> )	21		
Oxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )		0,70	0,13
Gas hilarante (N <sub>2</sub> O)	310		
Dioxido de azufre (SO <sub>2</sub> )		1,00	
Acido clorhídrico (HCl)		0,88	
Hidrogeno de flour (HF)		1,60	
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )		1,88	

### 3.4.2. Conclusiones de la importancia de los efectos

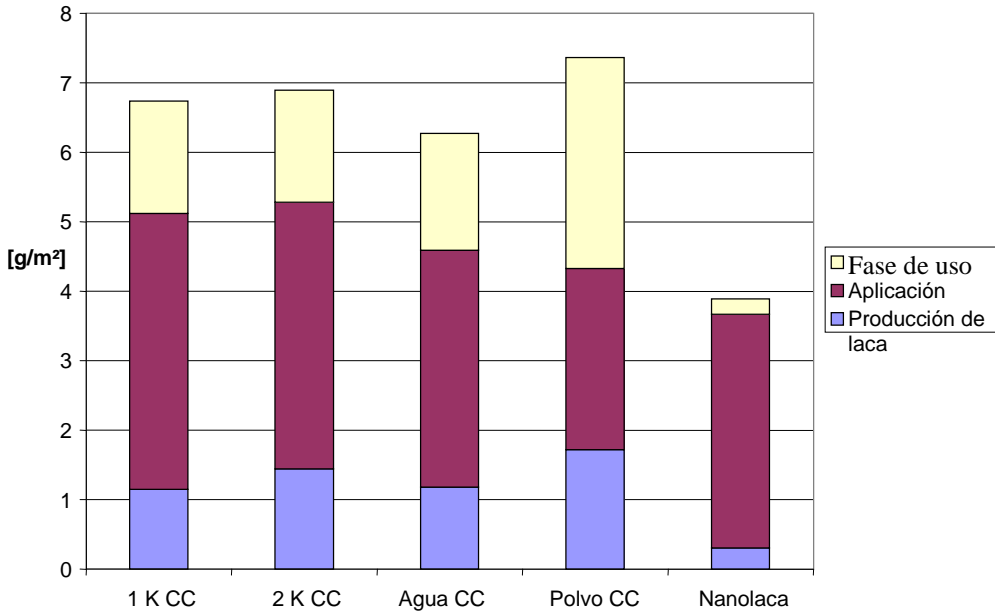
Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O) causan el efecto de invernadero, la parte más grande forman las emisiones del dióxido de carbono. La nanolaca es – proporcionalmente al consumo de energía primaria – 1/3 mejor que las otras variantes de recubrimiento.

**Ilustración 7: Potencial del invernadero (kg/m<sup>2</sup> superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil)**



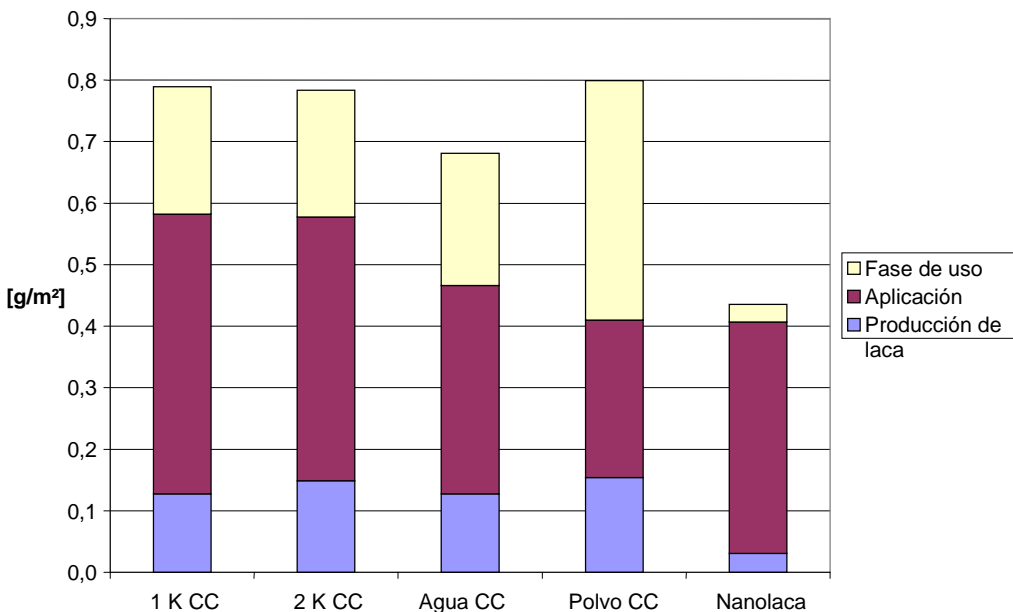
Las emisiones de óxido nitrógeno, dióxido de azufre, amoníaco, ácido clorhídrico y hidrogeno de flúor causan la acidificación. Los últimos tres elementos de esta lista no tienen importancia en este estudio.

**Ilustración 8: Potencial de acidificación (g/m<sup>2</sup> superficie de lacado sobre aluminio en un automóvil)**



A parte de combinaciones de fósforo resultantes del uso de detergentes, también las emisiones de óxidos de nitrógeno y elementos contaminantes orgánicos contribuyen a la eutrofización. En este caso las emisiones del óxido nitrógeno son las responsables. Este ejemplo muestra también que el uso de nanolacas es aproximadamente un 40 % mejor que otras variantes.

**Ilustración 9: Potencial de eutrofización (g/m<sup>2</sup> superficie de aluminio de un automóvil)**



### 3.4.3. Aspectos calificativos de la estimación

Para mostrar la toxicidad humana y medioambiental en balances ecológicos aún no existe un procedimiento aceptado en general. Por eso – en esta ocasión - varias sustancias que son tóxicas para las personas y la ecología son analizadas.

#### **Monóxido de carbono**

El Monóxido de carbono fue mucho tiempo un problema en el ámbito de la contaminación atmosférica (posibilidad de mutación de los genes), sobre todo por las emisiones en el sector de automoción. A causa de los éxitos en la reducción de monóxido de carbono por los catalizadores, las emisiones son mucho más bajas. Por eso el ministerio del medio ambiente alemán declaró en una publicación que el monóxido de carbono no era ya un problema atmosférico. (UBA 1999).

Aún no hay estudios sobre siloxan.

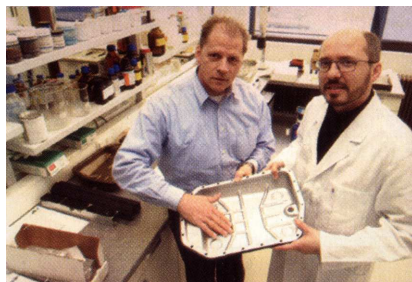
### 3.5. Resumen

Este estudio aclara el alto potencial de eficacia ecológica del uso de recubrimientos producidos en base a la nanotecnología química – considerando todas las emisiones y efectos medioambientales. Además, cabe destacar la ventaja adicional que supone un pretratamiento de la superficie mucho más sencillo.

De la fina capa necesaria para el recubrimiento se deriva una alta eficacia de recursos. Se esperan muchas ventajas en la fase del uso, sobre todo en el sector de transporte y en atención a la nueva tendencia de la construcción ligera. A parte de la industria de automóviles estos potenciales afectarían aun más a la industria aérea y el ferrocarril. Para optimizar el potencial de la nanolaca, se podría bajar la cantidad de disolventes en la aplicación del barniz.

#### **Nanotecnología y empresa**

NTC Spain ofrece la posibilidad de beneficiarse de estas soluciones innovadoras sin tener que hacer una gran inversión en I+D+i con el fin de incrementar la competitividad de sus productos tanto en el mercado Nacional como el Internacional.



**DR. ING. GEORG WAGNER**

NTC Spain, actualmente desarrollando recubrimientos de nanotecnología química en base agua, lo cual significará una ventaja más en la incorporación y adaptación de estos recubrimientos en el sector industrial Internacional.