RESEARCH CENTER

ITENE

BUSINESS, SCIENCE & INNOVATION

Development of a web based REACH Toolkit to support the chemical safety assessment of nanomaterials / LIFE11 ENV/ES/000549

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual


Carlos Fito López
A.T. Seguridad ITENE
Responsable del grupo de investigación en Nanoseguridad y riesgos emergentes

cfito@itene.com


TALLER DE APLICACIÓN PRÁCTICA DEL PORTAL WEB REACHnano

Valencia - España / 10 de Septiembre, 2015

# Índice

1. Introducción al procesos de evaluación de la seguridad química en REACH
2. Metodologías de análisis cuantitativo
3. Metodologías de análisis cualitativa
4. Evaluación de riesgos en el contexto del proyecto REACHnano

Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

REACHnano is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE11 ENV/ES/000549)

ITENE Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# 1. Introducción al procesos de evaluación de la seguridad química en REACH

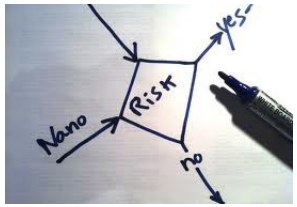
REACHnano is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE11 ENV/ES/000549)

## 1. Introducción al proceso de evaluación de la seguridad química en REACH

### Valoración de la Seguridad Química (CSA)

REACH se basa en el principio de que la industria debe fabricar, importar, usar o comercializar sustancias de un modo tal que no afecten negativamente a la salud humana ni al medio ambiente. En este marco de actuación, la valoración de la seguridad química (CSA) es el instrumento para:

- Valorar los peligros intrínsecos de las sustancias, lo que supone valorar sus posibles efectos para la salud humana y el medio ambiente, además de la determinación de los niveles umbral que se consideran seguros (DNEL / PNEC)
- Evaluar la emisión/exposición del hombre y del medio ambiente resultante de la fabricación y el uso de la sustancia a lo largo de todo su ciclo de vida («evaluación de la exposición»). Ello implica la generación de información, suficientemente detallada, sobre usos, condiciones de uso y emisiones/niveles de exposición de la sustancia.
- Caracterizar los riesgos en función de tal emisión/exposición («caracterización del riesgo»).



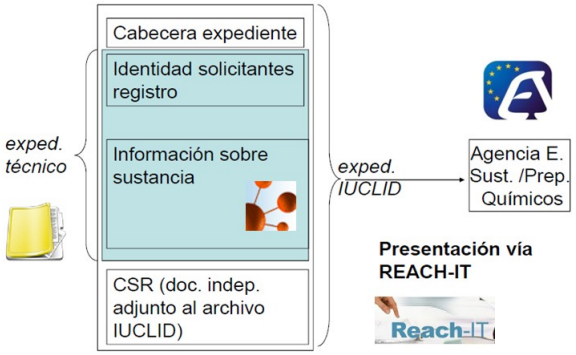

ITENE Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

## 1. Introducción al proceso de evaluación de la seguridad química en REACH

### ❑ Valoración de la Seguridad Química (CSA)

- **Informe de Seguridad Química**

El informe de la seguridad química deberá **documentar los resultados de la evaluación de la seguridad química**, aportando la información necesaria para el usos seguro de la sustancia.




- **Caracterización del Riesgo**

La caracterización de los riesgos se realiza mediante el cálculo del Índice de riesgo para la salud humana (RCR)

RCR = Estimación Exposición / DNEL

**RCR < 1** → RIESGO CONTROLADO / USO SEGURO

**RCR > 1** → RIESGO INCONTROLADO / INCERTIDUMBRE

Business, Science & Innovation
ITENE
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 1. Introducción al proceso de evaluación de la seguridad química en REACH

### ❑ Valoración de la Seguridad Química (CSA)

**Hazard Assessment**

- Collection of available information on the intrinsic properties of the substance according to Annex VII to XI, including physicochemical, toxicological, ecotoxicological and fate properties
- Identify key studies and testing proposal ⟷ Derivation of threshold levels

**Exposure Assessment**

- Determine the exposure levels to ENMs considering human target groups, routes of exposure, and environmental compartments
  - Worker
  - Consumer
  - Man via the Environment
  - Water Pelagic (freshwater, marine)
  - Water Sediments (freshwater, marine)
  - Aquatic food chain
  - Sewage Treatment
  - Air (Indoor/Outdoor)

Risk Characterization: Hazard vs Exposure → Safe / Non-safe

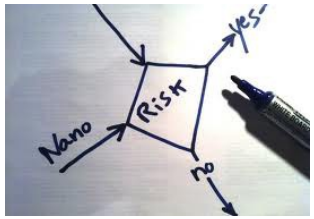
Confidential. Only for internal use of Company

## 1. Introducción al proceso de evaluación de la seguridad química en REACH

### Valoración de la Seguridad Química (CSA)

- Los fabricantes deben recopilar u obtener información sobre el NMs fabricados, y evaluar el modo de controlar los riesgos que estos materiales representan para la salud humana y el medio ambiente, aplicando las adecuadas medidas de gestión del riesgo.

- Para todas las sustancias fabricadas o importadas en volúmenes superiores o iguales a 10 toneladas anuales, e independientemente de sus tamaño, se realizará una Valoración de la seguridad química (CSA), la cual se documentará en un Informe sobre la seguridad química (CSR).




- La Valoración de la seguridad química deberá abordar la fabricación de una sustancia y todos los usos identificados para la misma.

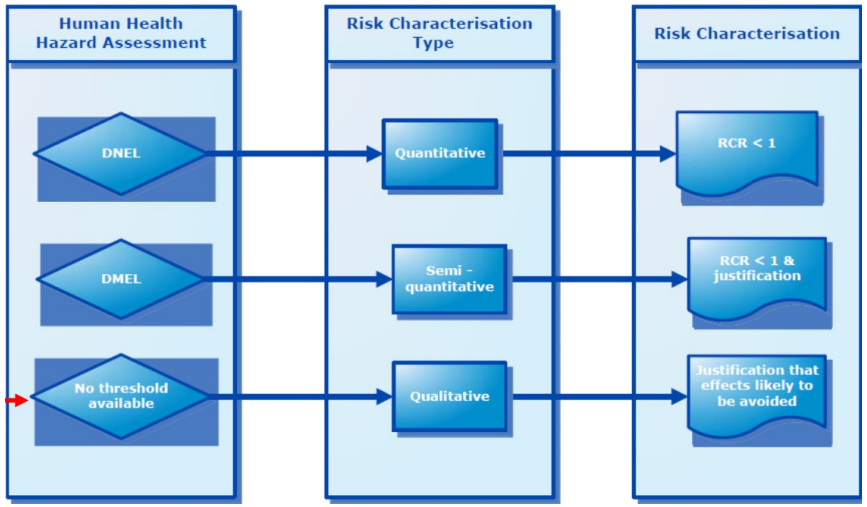
**Deberá ser realizada por los solicitantes de registro para sustancias fabricadas e importadas en cantidades ≥ 10 toneladas al año. Los usuarios intermedios deberán igualmente considerar la evaluación de los riesgos en su proceso productivo.**

Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 1. Introducción al proceso de evaluación de la seguridad química en REACH

- Cuando es posible determinar el nivel umbral sin efecto (DNEL: Derived Non Effect Level), se lleva a cabo una caracterización del riesgo cuantitativa. El control del riesgo en este caso se demuestra si el cociente de caracterización del riesgo (RCR) esta por debajo de 1.




- Cuando un DNEL o PNEC (Medio Ambiente) no puede derivarse, se realiza una caracterización del riesgo cualitativa. En el contexto normativo actual se debe proporcionar justificación sólida y coherente para asegurar que las condiciones de uso de los NMs y las medidas aplicada en la gestión del riesgo son suficientes para asegurar un alto grado de protección de la salud y el medio ambiente.

- En este contexto, metodologías como el **control banding** (cualitativas), herramientas de **modelización** basas factores de emisión (semi-cuantitiativas) y diversas **técnicas y tecnologías de medición y ensayo**, permiten una evaluación adecuada del riesgo delos nanomateriales.

Confidential. Only for internal use of Company

## 1. Introducción al proceso de evaluación de la seguridad química en REACH

- ### Requisitos de Información

La evaluación del riesgo se basa siempre en la consideración de las características que hacen peligrosa a la sustancias (hazards) y la probabilidad de que exista una exposición a la misma (exposición).

Los requisitos de información dependen del tonelaje de fabricación o importación y aumentan con el tonelaje. Los requisitos de información estándar aplicables a cada nivel de tonelaje están especificados en los anexos VII a X del Reglamento REACH.

La recopilación y evaluación de la información sobre las propiedades intrínsecas de una sustancia es un requisito general para el registro conforme a REACH, no sólo para las sustancias que requieren una CSA

| | Propiedades fisicoquímicas (PC) | Información toxicológica y ecotoxicologica | | Información PC, toxicológica y ecotoxicologica | Información toxicológica y ecotoxicologica |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tonelaje** | Anexo VII | Anexo VII | Anexo VIII | Anexo IX | Anexo X |
| **1-10 t/y** | • | • | | | |
| **10-100 t/y** | • | • | • | | |
| **100-1000 t/y** | • | • | • | • | |
| **≥ 1000 t/y** | • | • | • | • | • |

Business, Science & Innovation
ITENE
Confidential. Only for internal use of Company

ITENE Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# 1. Introducción

## Requisitos de Información

Guidance on information requirements and CSA.

Appendix R7-1 Recommendations for nanomaterials

| Niveles de tonelaje | ≥1 t/a | ≥10 t/a | ≥100 t/a | ≥1000 t/a |
|---|---|---|---|---|
| **Información fisicoquímica** | | | | |
| 7.1 State of the substance at 20 °C and 101,3 kPa | x | x | x | x |
| 7.2 Melting/freezing point | x | x | x | x |
| 7.3 Boiling point | x | x | x | x |
| 7.4 Relative density | x | x | x | x |
| 7.5 Vapour pressure | x | x | x | x |
| 7.7 Water solubility | x | x | x | x |
| 7.8 Partition coefficient n-octanol/water (If the test cannot be performed, a calculated value for log P as well as details of the calculation method shall be provided). | x | x | x | x |
| 7.10 Flammability | x | x | x | x |
| 7.11 Explosive properties | x | x | x | x |
| 7.12 Self-ignition temperature | x | x | x | x |
| 7.13 Oxidising properties | x | x | x | x |
| 7.14 Granulometry | x | x | x | x |
| 7.15. Stability in organic solvents and identity of relevant degradation products Only required if stability of the substance is considered to be critical. | | | x | x |
| 7.16. Dissociation constant | | | x | x |
| 7.17. Viscosity | | | x | x |
| Additional Properties: | x | x | x | x |
| Agglomeration/aggregation | x | x | x | x |
| Crystalline phase | x | x | x | x |
| Crystallite and grain size | x | x | x | x |
| Aspect/ratio shape | x | x | x | x |
| Specific surface area | x | x | x | x |
| Zeta potential | x | x | x | x |
| Surface chemistry | x | x | x | x |
| Dustiness | x | x | x | x |
| Porosity | x | x | x | x |
| Pour density | x | x | x | x |
| Photocatalytic activity | x | x | x | x |
| Radical formation potential | x | x | x | x |
| Catalytic activity | x | x | x | x |

# 1. Introducción

Guidance on information requirements and CSA.

Appendix R7-1 Recommendations for nanomaterials

| Niveles de Tonelaje | ≥1 t/a | ≥10 t/a | ≥100 t/a | ≥1000 t/a |
|---|---|---|---|---|
| **Información toxicológica** | | | | |
| **8.1.1 In vivo skin irritation** | | X | X | X |
| **8.2.2 In vivo eye irritation** | | X | X | X |
| **Skin sensitisation** | X | X | X | X |
| **8.4.1 In vitro gene mutation study in bacteria** | X | X | X | X |
| **8.4.2 In vitro cytogenicity study in mammalian cells or in vitro micronucleus study** | | X | X | X |
| **8.4.3 In vitro gene mutation study in mammalian cells,** | | X | X | X |
| **8.5.1 Acute toxicity by oral route** | X | X | X | X |
| **8.5.2. Acute toxicity By inhalation** | | X | X | X |
| **8.5.3. Acute toxicity by dermal route** | | X | X | X |
| **8.6.1. Short-term repeated dose toxicity study (28 days)** | | X | X | X |
| **8.6.2. Sub-chronic toxicity study (90-day)** | | | X | X |
| **8.6.3. Long-term repeated toxicity study (≥ 12 months)** | | | | X |
| **8.6.4. Further repeated dose toxicity studies** | | | | X |
| **8.7.1. Screening for reproductive/ developmental toxicity** | | X | X | X |
| **8.7.2. Pre-natal developmental toxicity study** | | | X | X |
| **8.7.2. Developmental toxicity study** | | | | X |

ITENE Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# 1. Introducción

Guidance on information requirements and CSA.

Appendix R7-1 Recommendations for nanomaterials

| Tonnage level manufactured or imported | ≥1 t/a | ≥10 t/a | ≥100 t/a | ≥1000 t/a |
|---|---|---|---|---|
| **Información Ecotoxicologica** | | | | |
| **9.1 Aquatic toxicity** | | | | |
| 9.1.1 Short-term toxicity testing on invertebrates (preferred species Daphnia) | X | X | X | X |
| 9.1.2 Growth inhibition study aquatic plants (algae preferred) | X | X | X | X |
| 9.1.3. Short-term toxicity testing on fish | | X | X | X |
| 9.1.4. Activated sludge respiration inhibition testing | | X | X | X |
| 9.1.5. Long-term toxicity testing on invertebrates (preferred species Daphnia), | | | X | X |
| 9.1.6. Long-term toxicity testing on fish | | | X | X |
| **9.2 Degradation** | | | | |
| 9.2.1 Biotic | X | X | X | X |
| 9.2.1.1 Ready biodegradability | X | X | X | X |
| 9.2.1.2. Simulation testing on ultimate degradation in surface water | | | X | X |
| 9.2.1.3. Soil simulation testing (for substances with a high potential for adsorption to soil) | | | X | X |
| 9.2.1.4. Sediment simulation testing (for substances with a high potential for adsorption to sediment) | | | X | X |
| 9.2.2. Abiotic | | X | X | X |
| 9.2.3. Identification of degradation products | | | X | X |
| **9.3. Fate and behaviour in the environment** | | | | |
| 9.3.1. Adsorption/desorption screening | | X | X | X |
| 9.3.2. Bioaccumulation in aquatic species, preferably fish | | | X | X |
| 9.3.3. Further information on adsorption/desorption | | | X | X |

ITENE Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# 2. Metodologías de análisis cuantitativo

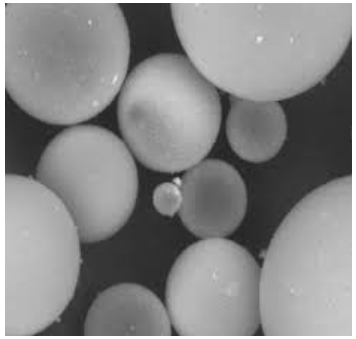
Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

REACHnano is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE11 ENV/ES/000549)

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

- La evaluación de la exposición es un aspecto clave en la evaluación y control de los riesgos de los nanomateriales.
- Las metodologías de evaluación cuantitativa de la exposición se ha discutido por organizaciones relevantes, incluyendo el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), el partnership for European Research in Occupational Safety and Health (PEROSH), el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), así como por parte de empresas e instituciones de ambito cientifico como BASF.



Hasta la fecha, las estrategias para la evaluación de la exposición incluyen:

1. Identificación de las Fuentes de emisión
2. Definición de las estrategias de medida “equipos”
3. Analis de “ruido” o background
4. Procesamiento de datos y reporting

Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

### ❑ Identificación de las fuentes de emisión

La primera etapa en el proceso de evaluación de riesgos se centra en la identificación de las **fuentes de emisión** y la determinación de los tipos de procesos , características de los materiales y prácticas de trabajo.

Para llevar a cabo esta etapa se recomienda el uso de cuestionarios diseñados para la recopilación de datos relacionados con los determinantes de la exposición

Estos cuestionarios deberán incluir datos relativos a las características de los NMs, así como información contextual de los procesos a estudiar.

| **Administrative / Company Information** | |
|---|---|
| Company name | ITENE |
| Contact name | Mr. Carlos Fito |
| Telephone number (country and regional codes) | +34 647 521 544 |
| E-mail | cfito@itene.com |
| Industrial Sector | R+D Activities / Packaging |
| **Activity Information** | |
| Type of nanomaterials your company handle or produce | - Form (dispersion, powder, etc.)<br>- Size and shape<br>- Type (platelets, fibres, spheres, etc.):<br>- Characteristics: metal, metal oxide, carbonaceous ... |
| List the different types of ENMs or products containing ENMs that are handled at your company | - ZnO<br>- CaCO3<br>- Ag |
| Type of processes in your company in which ENMs or products containing ENMs are used or present | 1. Production of nanomaterials by Sol-gel<br>2. Cleaning operations |
| **Process Information** | |
| **Process 1:** | **ENMs Compounding** |
| Process Description (indicating the steps where the ENMs or products containing ENMs are handled) | ENMs compounding by twin-screw extrusion |
| In what physical form are the ENMs or products containing ENMs handled (powders, pellets, solution) | Powder |
| In what type of packing is the ENM received or packed after synthesis | Plastic bag |
| How are the ENMs transferred to the production line (e.g. automatic feeder, manual)? | Manual feeding |
| Total amount of ENMs used/produced per shift | 300 mg |
| What is the end-product for this process? | Nanocomposites |
| **Tasks within Process 1 (Contribution Scenario nº 1 )** | **Hooper feeding** |
| Physical form of the ENM | Powder |
| Amount used | 150 mg |
| Ventilation system | Local exhaust ventilation |
| Volume of the room | 20 $m^3$ |
| Level of automation | Manual |
| Level of containment | Open when feeding and close when operating) |
| Exposure duration | 10 min / h of work |

Confidential. Only for internal use of Company

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

### Definición de las estrategias de medida "equipos"

La segunda etapa se centra en la definición de una estrategia de muestreo en base a la información obtenida mediante cuestionarios y/o entrevista directa.

De acuerdo con los grupos de trabajo del cluster Europeo de nanoseguridad, la estrategia a definir incluirá la definición de los puntos de muestreo, duración del mismo, muestras a recoger, métodos de lectura y, unidades de medida a emplear.

Las estrategias principales son por tanto:

- Planificación: alcance y definición de estrategia
- Selección de equipos de medida

Confidential. Only for internal use of Company

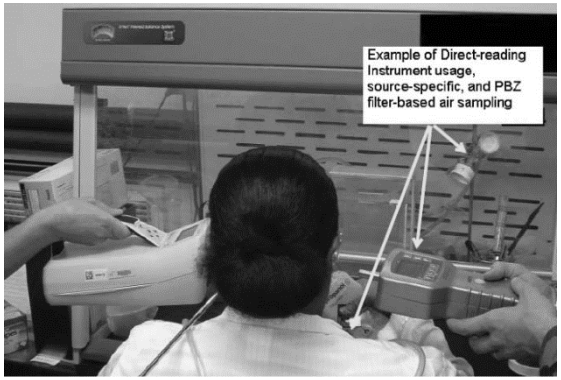
ITENE Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

No existe un **consenso internacional en las técnicas de medida a emplear**, así como tipos de dosis (nº partículas, masa, surface area, etc) a emplear.

Hasta la fecha la aproximación más utilizada se conoce con el nombre de NEAT "**Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT)**", desarrollada por NIOSH-National Institute for Occupational Safety and Health.




APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA DIRECTA (CPC-OPC) → CARACTERIZACIÓN "Off Line" (SEM-EDAX) → ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN (EVALUACIÓN)

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

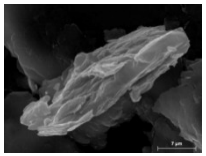
### ❑ Aplicación de la metodología NEAT

National Institute for Occupational Safety and Health NIOSH

a) Caracterización del numero de partículas en el área de trabajo previo al uso de materiales nanométricos (**Background**)

b) Recolección de partículas mediante bombas de muestreo personal "Air Sampler"

c) Monitorización en tiempo real mediante instrumentos de medida "In Situ" : CPC ; OPS; NSAM; FMPS; SMPS…..



d) Análisis "Off Line" mediante técnicas de análisis microscópico y técnicas de análisis químico (SEM-EDAX)

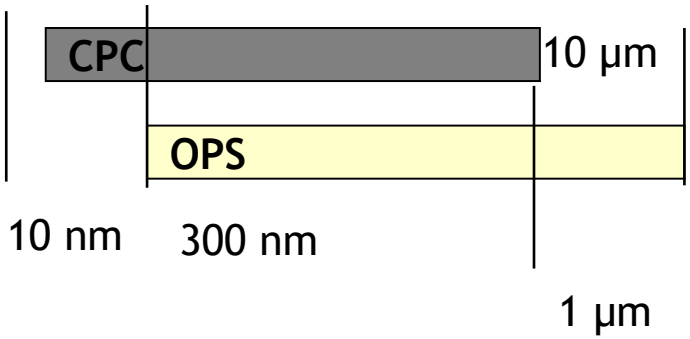
Confidential. Only for internal use of Company

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

### Aplicación de la metodología NEAT

- Punto de Partida

Caracterización del "Background"




✓ **CPC - Condensation Particle Counter**

TSI 3007: rango de tamaño 10 – 1000 nm con un rango de concentración de 0 to 100,000 particulas/cc.

✓ **OPC(S)- Optical Particle Counter/Sizer**

OPC 3330 TSI : rango de tamaños de 300 nm a 10 µm con 16 canales simultaneos

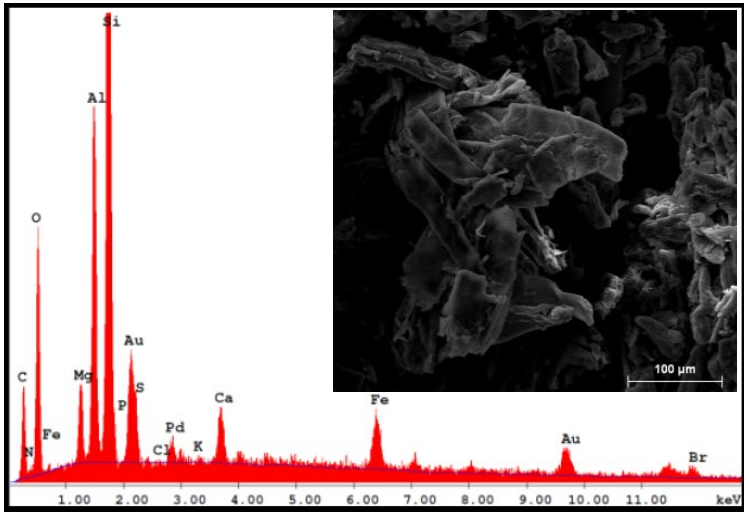
Business, Science & Innovation
ITENE
Confidential. Only for internal use of Company

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

### Aplicación de la metodología NEAT

Caracterización del Background (Concentración de NP)

Masa, Tamaño, Distribución de tamaños, area superficial,..,




Analisis de particulas mediante técnicas complejas

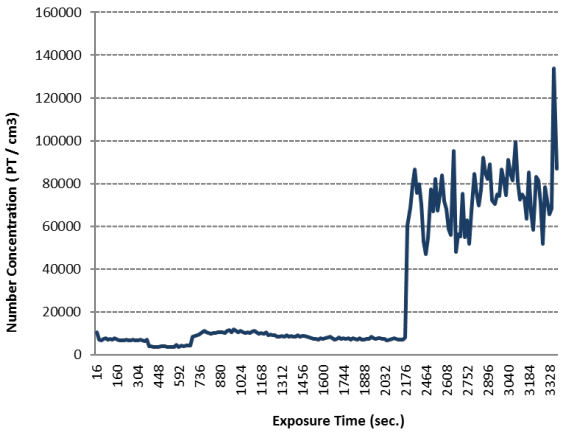
Business, Science & Innovation
ITENE
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

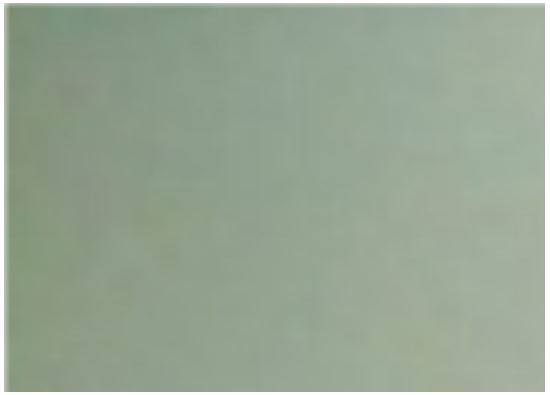
## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

### Protocolo básico de Evaluación

1. Medidas "System Off", para la medición de los niveles de NPs en condiciones de parada
2. Medidas "System On" para la detección de cambios en los niveles de particulas que puedan atribuirse al uso de NPs




4. Análisis comparativo de los niveles de NPs y definición de eventos
5. Recolección de NPs con filtros de retención para la el análisis gravimétrico y elemental
6. Tratamiento e Interpretación de datos



Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

- Protocolo Avanzado de Evaluación

1. Aplicación de instrumentos de mayor precisión
2. Uso de analizadores de área superficial (TSI AeroTrakTM 9000- NSAM)
3. Empleo de combinaciones de equipo para examinar el comportamiento de las NPs en detalle

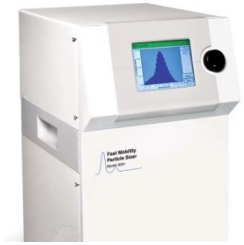
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

### Protocolo Avanzado de Evaluación

| Equipo | Método | Fabricante | Modelo | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| **Contador de Partículas** | Heated saturator | TSI inc | CPC TSI 3007 | Contador de NPs portátil con capacidad para la detección de hasta 100.000 NPs /cm3 en rangos de 10 a 1000 nm |
| **Contador Óptico de partículas (OPS)** | **Laser light scattering** | **TSI inc** | **OPS 3330** | **Medidas rápidas y precisas de la concentración de partículas y distribución de tamaños en rangos de 300 nm – 10 µm** |
| **Contador de Partículas** | Diffusion charging | Aerasense -Philips | Aerasense NanoTracer | Detección y lectura de altas concentraciones de partículas (> 1.10*6)en rangos de 10 a 300 nm,<br><br>Permite la obtención del diámetro medio y concentrción de NPs depositadas en las regiones alveolar y traquebronquial del pulmón |
| **Clasificadores de tamaño** | Diffusion charging | TSI Inc | Fast Mobility Particle Sizer FMPS (3091) | Perfil de aerosoles – clasificación por tamaños en rangos de 5 a 560 nm |
| | Diffusion charging<br><br>Time-of-flight light-scattering | TSI Inc | AerodynamiParticle Sizer SpectrometeAPS (3321) | Perfil de aerosoles – clasificación por tamaños en rangos de 500 nm a 20 micras |



Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

Confidential. Only for internal use of Company

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

### Medidas de Exposición (Metrics)

1. Concentración de Partículas por unidad de volumen (**pt/cm3**)
2. Medidas de masa convencionales (**mg/m3**)
3. Área Superfial (Surface area - **µg/cm3**)

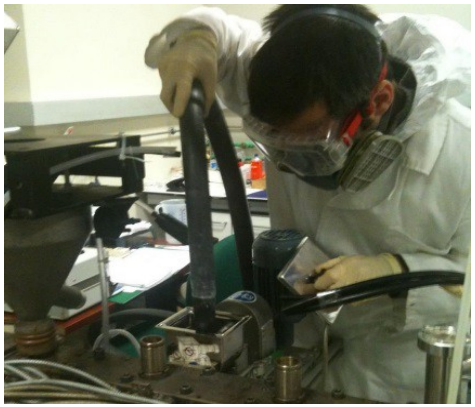
| Number Concentration (pt/cm3) | Mass Concentration (mg/m3) | Surface area (µm/cm3) |
|---|---|---|
| CPC | OPS | OPS |
| OPS | ELPI | FMPS |
| Water -CPC | Dust Track | AeroTrak / NSAM |

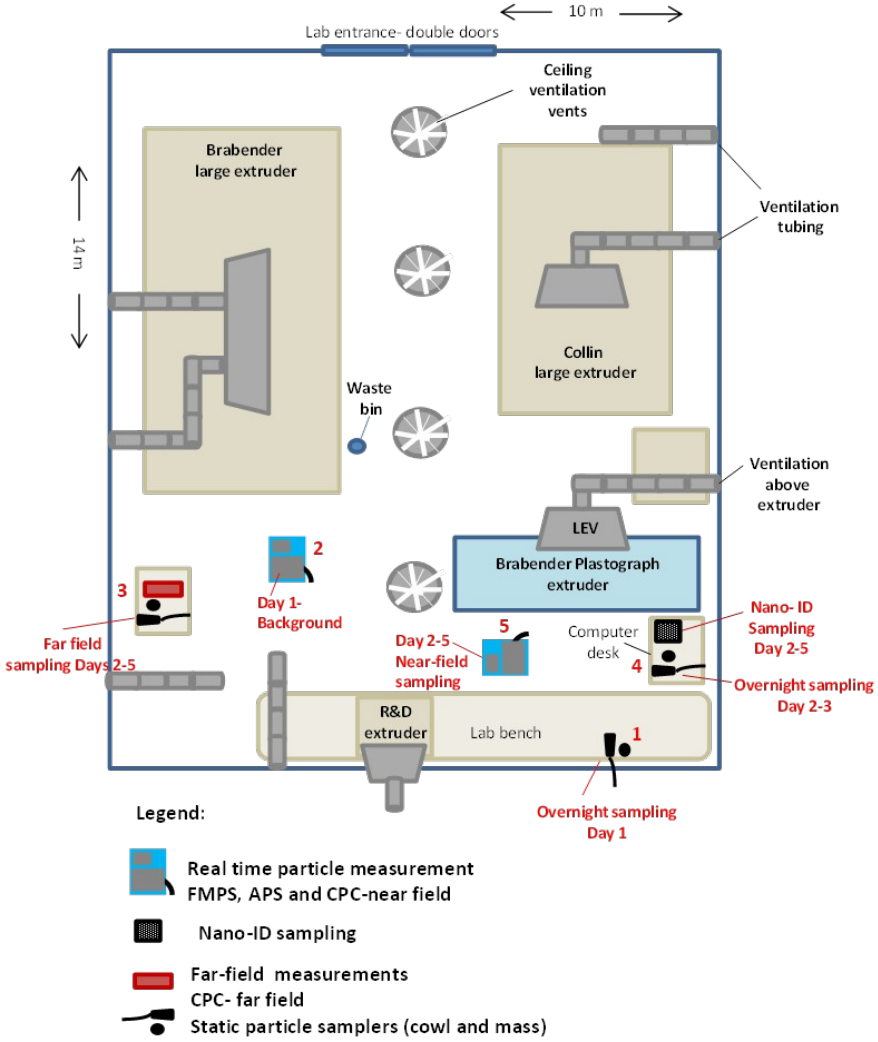
ITENE Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

ITENE Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

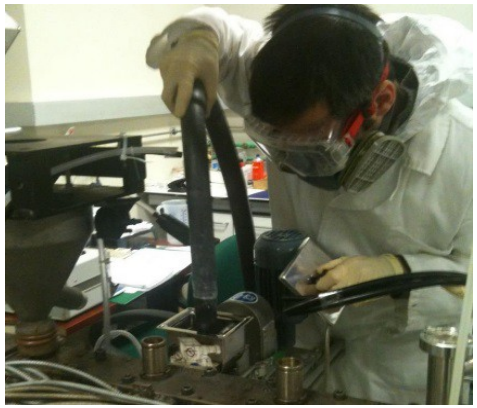
## 2. Metodologías de análisis cuantitativo

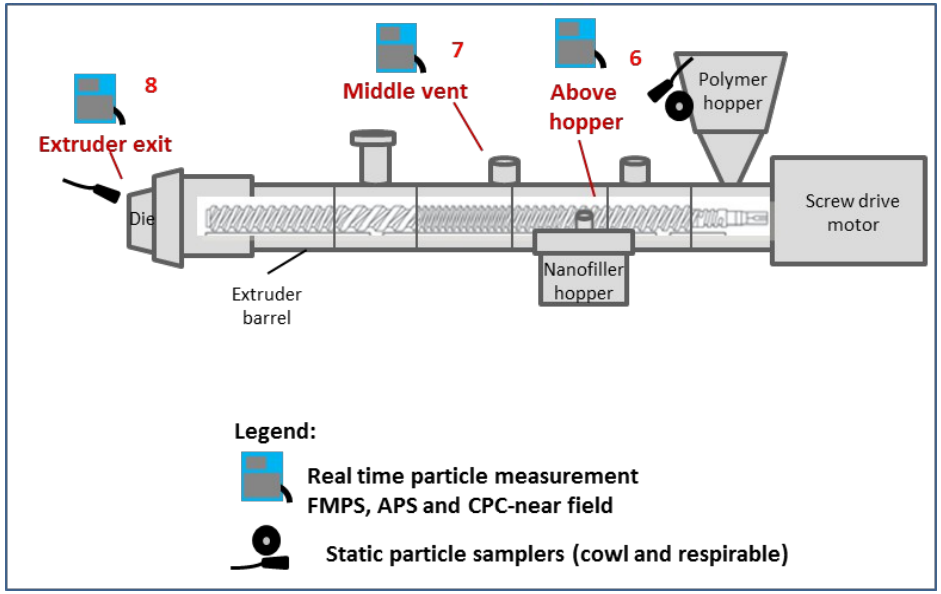


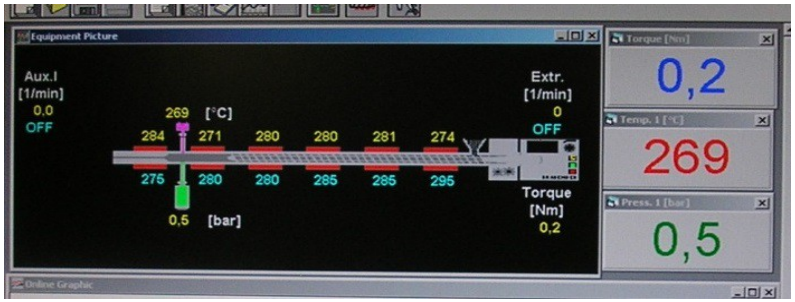


# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 2. Metodologías de análisis cuantitativo








Confidential. Only for internal use of Company

# 3. Metodologías de análisis cualitativas

Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

REACHnano is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE11 ENV/ES/000549)

## 3. Metodologías de análisis cualitativas

No existe una metodología estandariza para la realización de una evaluación cualitativa. El enfoque depende de aspectos tales como los riesgos inherentes de la sustancia y el potencial de exposición durante el uso. También depende de aspectos prácticos tales como la disponibilidad de información necesaria de referencia.

Las principales metodologías y/o aplicaciones disponibles son las siguientes:

- Stoffenmanager Nano
- Nanotool CB
- Precautinary matrix
- NanoSafer

Probability

| Severity | Extremely Unlikely (0-25) | Less Likely (26-50) | Likely (51-75) | Probable (76-100) |
|---|---|---|---|---|
| Very High (76-100) | RL 3 | RL 3 | RL 4 | RL 4 |
| High (51-75) | RL 2 | RL 2 | RL 3 | RL 4 |
| Medium (26-50) | RL 1 | RL 1 | RL 2 | RL 3 |
| Low (0-25) | RL 1 | RL 1 | RL 1 | RL 2 |

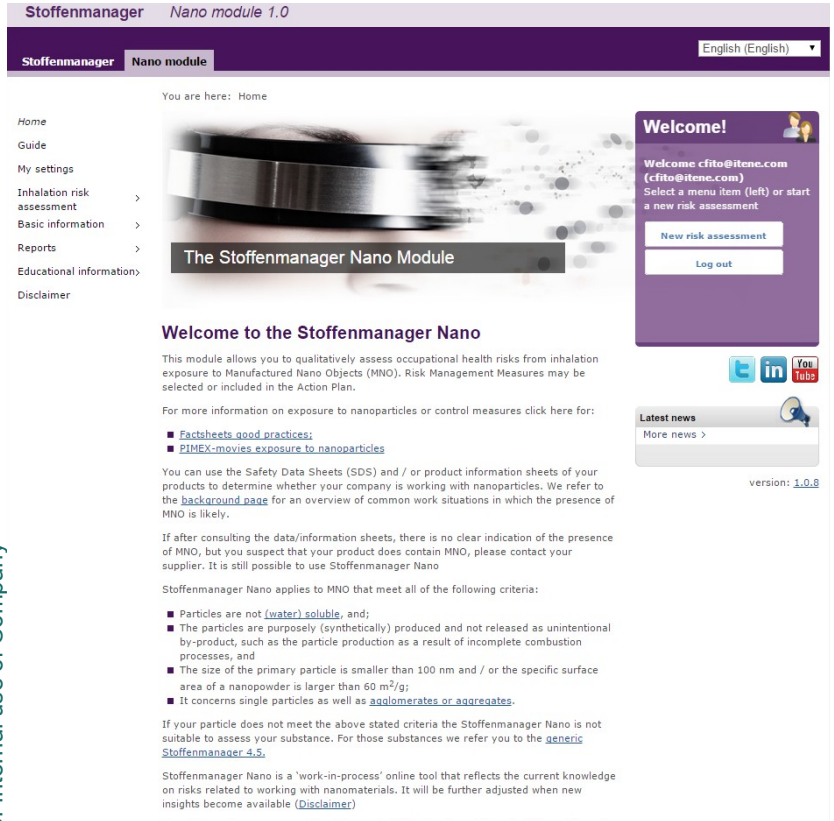
Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

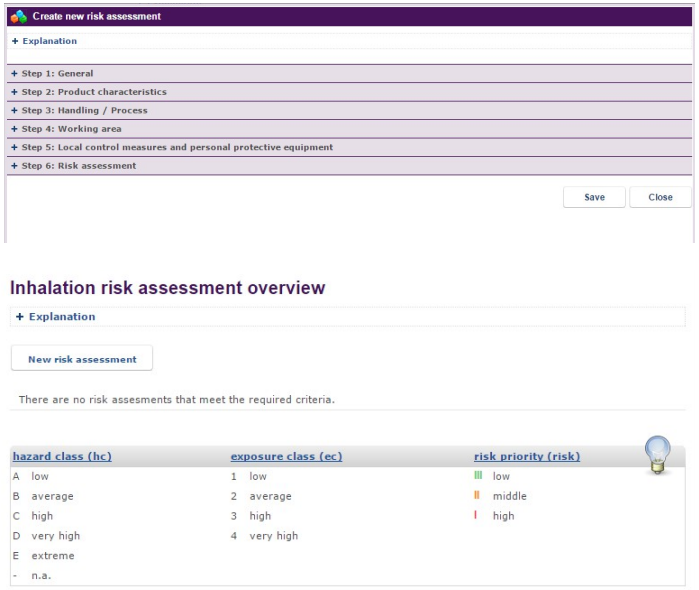
# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 3. Metodologías de análisis cualitativas

- **Stoffenmanager (nano version)**

https://nano.stoffenmanager.nl/default.aspx



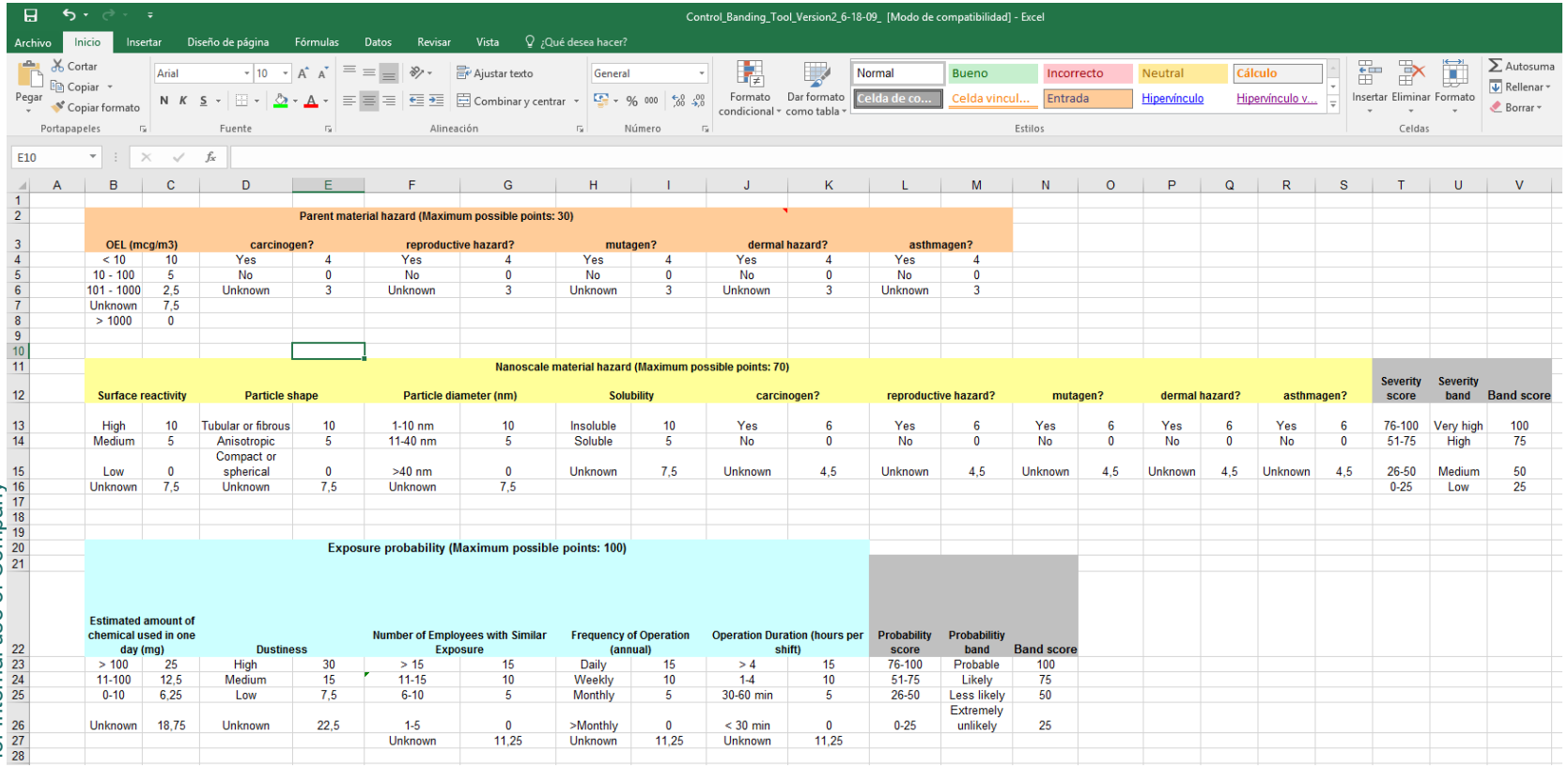




Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 3. Metodologías de análisis cualitativas

- **NanoSafer** http://controlbanding.net/Services.html



Parent material hazard (Maximum possible points: 30)

| OEL (mcg/m3) | | carcinogen? | | reproductive hazard? | | mutagen? | | dermal hazard? | | asthmagen? | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| < 10 | 10 | Yes | 4 | Yes | 4 | Yes | 4 | Yes | 4 | Yes | 4 |
| 10 - 100 | 5 | No | 0 | No | 0 | No | 0 | No | 0 | No | 0 |
| 101 - 1000 | 2,5 | Unknown | 3 | Unknown | 3 | Unknown | 3 | Unknown | 3 | Unknown | 3 |
| Unknown | 7,5 | | | | | | | | | | |
| > 1000 | 0 | | | | | | | | | | |

Nanoscale material hazard (Maximum possible points: 70)

| Surface reactivity | | Particle shape | | Particle diameter (nm) | | Solubility | | carcinogen? | | reproductive hazard? | | mutagen? | | dermal hazard? | | asthmagen? | | Severity score | Severity band | Band score |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| High | 10 | Tubular or fibrous | 10 | 1-10 nm | 10 | Insoluble | 10 | Yes | 6 | Yes | 6 | Yes | 6 | Yes | 6 | Yes | 6 | 76-100 | Very high | 100 |
| Medium | 5 | Anisotropic | 5 | 11-40 nm | 5 | Soluble | 5 | No | 0 | No | 0 | No | 0 | No | 0 | No | 0 | 51-75 | High | 75 |
| Low | 0 | Compact or spherical | 0 | >40 nm | 0 | Unknown | 7,5 | Unknown | 4,5 | Unknown | 4,5 | Unknown | 4,5 | Unknown | 4,5 | Unknown | 4,5 | 26-50 | Medium | 50 |
| Unknown | 7,5 | Unknown | 7,5 | Unknown | 7,5 | | | | | | | | | | | | | 0-25 | Low | 25 |

Exposure probability (Maximum possible points: 100)

| Estimated amount of chemical used in one day (mg) | | Dustiness | | Number of Employees with Similar Exposure | | Frequency of Operation (annual) | | Operation Duration (hours per shift) | | Probability score | Probabilitiy band | Band score |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| > 100 | 25 | High | 30 | > 15 | 15 | Daily | 15 | > 4 | 15 | 76-100 | Probable | 100 |
| 11-100 | 12,5 | Medium | 15 | 11-15 | 10 | Weekly | 10 | 1-4 | 10 | 51-75 | Likely | 75 |
| 0-10 | 6,25 | Low | 7,5 | 6-10 | 5 | Monthly | 5 | 30-60 min | 5 | 26-50 | Less likely | 50 |
| Unknown | 18,75 | Unknown | 22,5 | 1-5 | 0 | >Monthly | 0 | < 30 min | 0 | 0-25 | Extremely unlikely | 25 |
| | | | | Unknown | 11,25 | Unknown | 11,25 | Unknown | 11,25 | | | |

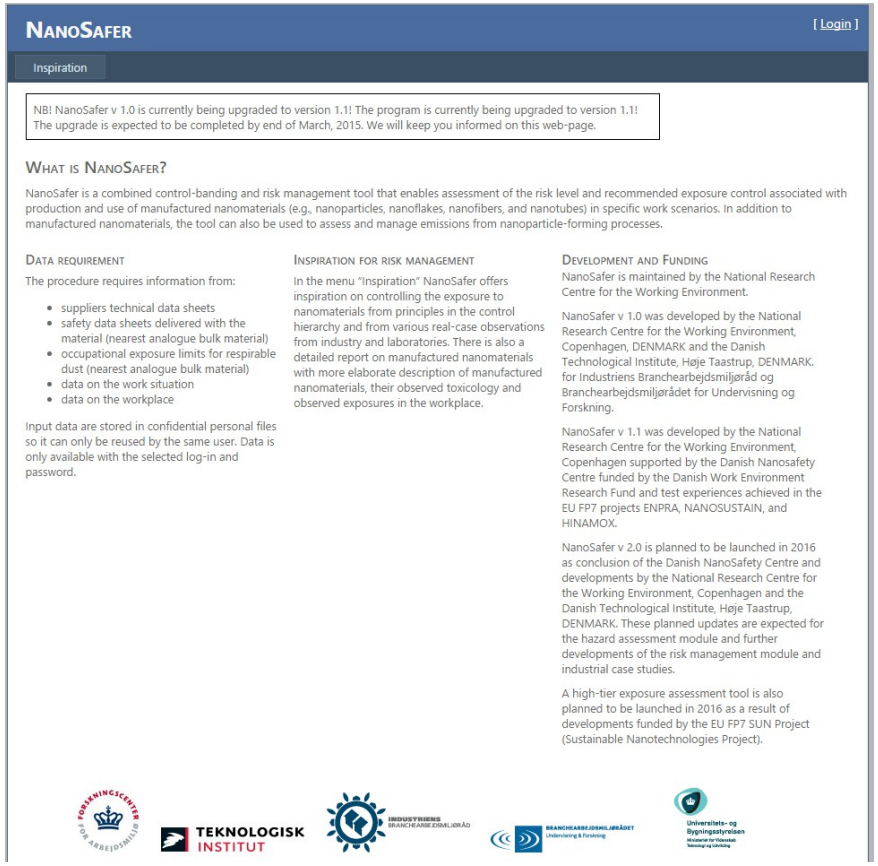
Confidential. Only for internal use of Company

Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 3. Metodologías de análisis cualitativas

- **NanoSafer** http://nanosafer.i-bar.dk/ http://nanosikkerhed.nu/wp-content/uploads/2014/12/Jensen-et-al_NanoSafer.pdf



NANOSAFER [ Login ]

Inspiration

NB! NanoSafer v 1.0 is currently being upgraded to version 1.1! The program is currently being upgraded to version 1.1! The upgrade is expected to be completed by end of March, 2015. We will keep you informed on this web-page.

WHAT IS NANOSAFER?

NanoSafer is a combined control-banding and risk management tool that enables assessment of the risk level and recommended exposure control associated with production and use of manufactured nanomaterials (e.g., nanoparticles, nanoflakes, nanofibers, and nanotubes) in specific work scenarios. In addition to manufactured nanomaterials, the tool can also be used to assess and manage emissions from nanoparticle-forming processes.

DATA REQUIREMENT

The procedure requires information from:

- suppliers technical data sheets
- safety data sheets delivered with the material (nearest analogue bulk material)
- occupational exposure limits for respirable dust (nearest analogue bulk material)
- data on the work situation
- data on the workplace

Input data are stored in confidential personal files so it can only be reused by the same user. Data is only available with the selected log-in and password.

INSPIRATION FOR RISK MANAGEMENT

In the menu "Inspiration" NanoSafer offers inspiration on controlling the exposure to nanomaterials from principles in the control hierarchy and from various real-case observations from industry and laboratories. There is also a detailed report on manufactured nanomaterials with more elaborate description of manufactured nanomaterials, their observed toxicology and observed exposures in the workplace.

DEVELOPMENT AND FUNDING

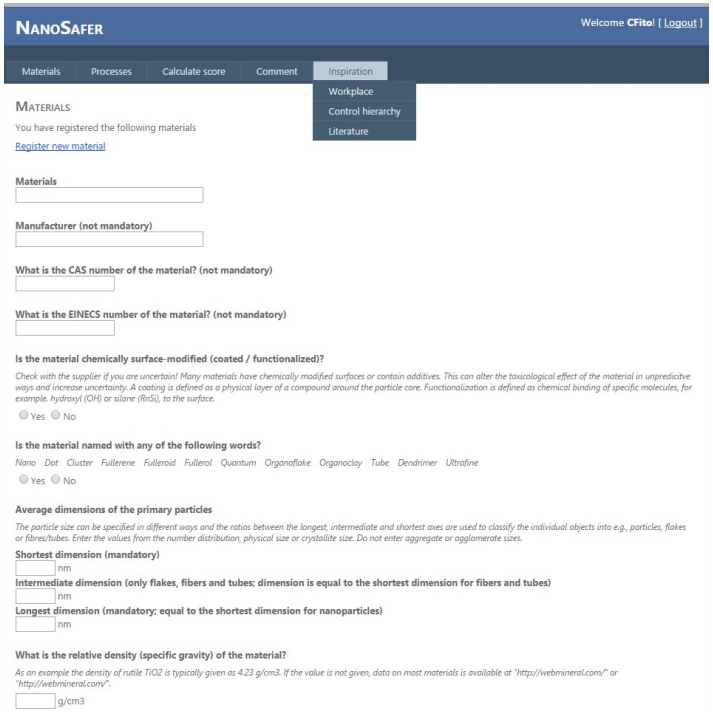
NanoSafer is maintained by the National Research Centre for the Working Environment.

NanoSafer v 1.0 was developed by the National Research Centre for the Working Environment, Copenhagen, DENMARK and the Danish Technological Institute, Høje Taastrup, DENMARK. for Industriens Branchearbejdsmiljøråd og Branchearbejdsmiljørådet for Undervisning og Forskning.

NanoSafer v 1.1 was developed by the National Research Centre for the Working Environment, Copenhagen supported by the Danish Nanosafety Centre funded by the Danish Work Environment Research Fund and test experiences achieved in the EU FP7 projects ENPRA, NANOSUSTAIN, and HINAMOX.

NanoSafer v 2.0 is planned to be launched in 2016 as conclusion of the Danish NanoSafety Centre and developments by the National Research Centre for the Working Environment, Copenhagen and the Danish Technological Institute, Høje Taastrup, DENMARK. These planned updates are expected for the hazard assessment module and further developments of the risk management module and industrial case studies.

A high-tier exposure assessment tool is also planned to be launched in 2016 as a result of developments funded by the EU FP7 SUN Project (Sustainable Nanotechnologies Project).



NANOSAFER Welcome CFito! [ Logout ]

Materials | Processes | Calculate score | Comment | Inspiration
Workplace
Control hierarchy
Literature

MATERIALS

You have registered the following materials

Register new material

Materials

Manufacturer (not mandatory)

What is the CAS number of the material? (not mandatory)

What is the EINECS number of the material? (not mandatory)

Is the material chemically surface-modified (coated / functionalized)?

*Check with the supplier if you are uncertain! Many materials have chemically modified surfaces or contain additives. This can alter the toxicological effect of the material in unpredicitve ways and increase uncertainty. A coating is defined as a physical layer of a compound around the particle core. Functionalization is defined as chemical binding of specific molecules, for example. hydroxyl (OH) or silane (RnSi), to the surface.*

Yes No

Is the material named with any of the following words?

*Nano Dot Cluster Fullerene Fulleroid Fullerol Quantum Organoflake Organoclay Tube Dendrimer Ultrafine*

Yes No

Average dimensions of the primary particles

*The particle size can be specified in different ways and the ratios between the longest, intermediate and shortest axes are used to classify the individual objects into e.g., particles, flakes or fibres/tubes. Enter the values from the number distribution, physical size or crystallite size. Do not enter aggregate or agglomerate sizes.*

Shortest dimension (mandatory)
nm

Intermediate dimension (only flakes, fibers and tubes; dimension is equal to the shortest dimension for fibers and tubes)
nm

Longest dimension (mandatory; equal to the shortest dimension for nanoparticles)
nm

What is the relative density (specific gravity) of the material?

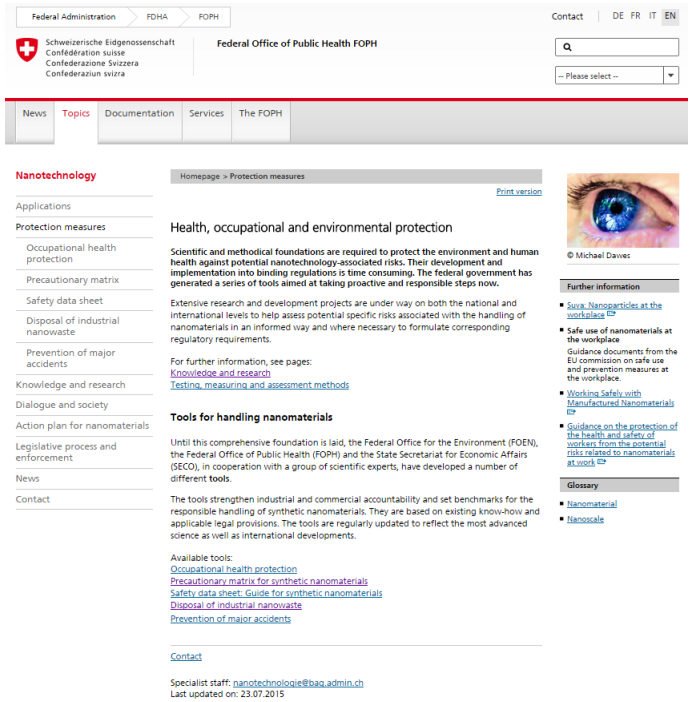
*As an example the density of rutile TiO2 is typically given as 4.23 g/cm3. If the value is not given, data on most materials is available at "http://webmineral.com/" or "http://webmineral.com/".*

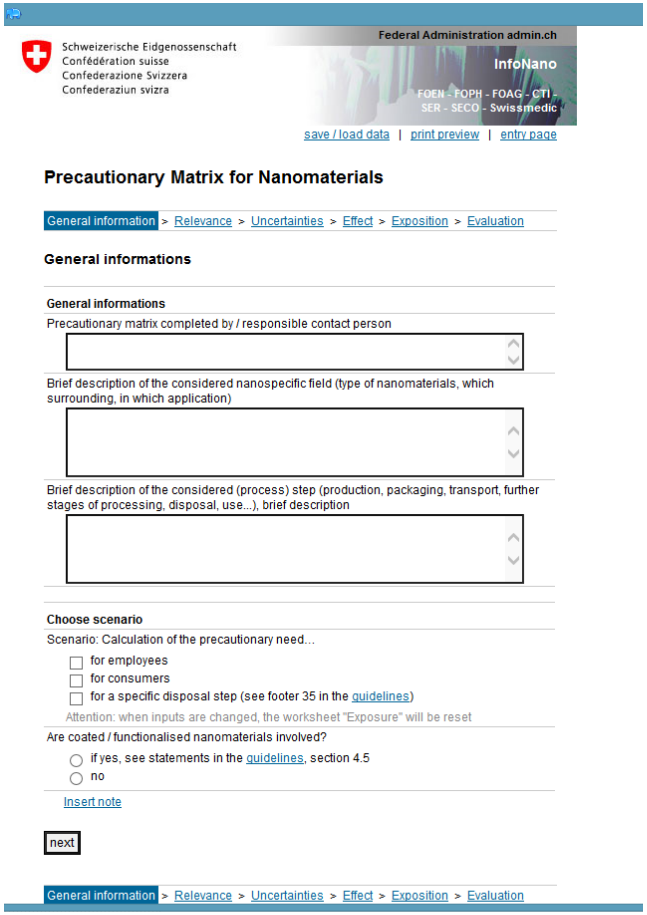
g/cm3

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 3. Metodologías de análisis cualitativas

### ❑ Precautionary matrix




http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12174/12175/index.html?webgrab_path=aHR0cDovL3d3dy5iYWctYW53LmFkbWluLmNoL25hbm9yYXN0ZXIvcG9ydGFsX2VuLnBocD9tb2Q9YSZsYW5nPWVu&lang=en

http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12174/14653/index.html?lang=en

Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 3. Metodologías de análisis cualitativas

No existe una metodología estandariza para la realización de una evaluación cualitativa. El enfoque depende de aspectos tales como los riesgos inherentes de la sustancia y el potencial de exposición durante el uso. También depende de aspectos prácticos tales como la disponibilidad de información necesaria de referencia.

Las principales metodologías y/o aplicaciones disponibles son las siguientes:

| PRINCIPALES LIMITACIONES | | |
|---|---|---|
| **STOFENNMANAGER** | **NANOTOOL CB** | **PRECAUTIONARY MATRIX** |
| No aporta medidas correctoras, por lo que se concibe más como un método de jerarquización de riesgos que de evaluación. | Los parámetros toxicológicos no han sido estudiados | No se tiene en cuenta factores como la pulverulencia, duración de la tarea y MGR. |
| Cuando la exposición sea a sustancias de elevado peligro (E), como fibras persistentes, se le asigne la mayor prioridad, independientemente del nivel de exposición. | Sólo se tienen en cuenta algunos determinantes de exposición | |

Confidential. Only for internal use of Company

# 4. Metodologías de análisis de riesgo en el marco de REACHnano

REACHnano is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE11 ENV/ES/000549)

Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 4. Metodologías de análisis de riesgo en el marco de RAECHnano

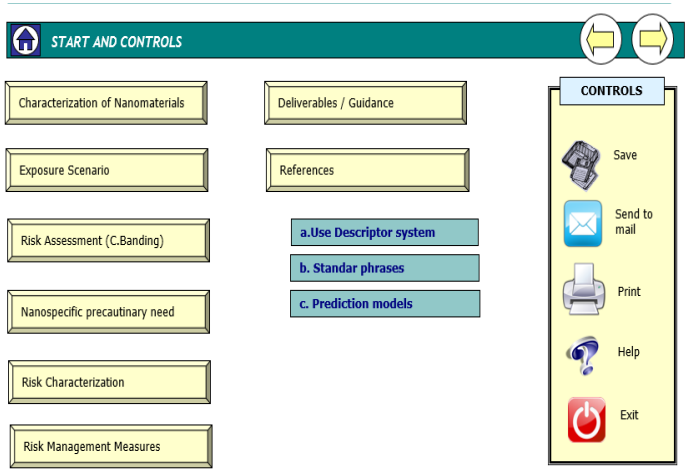
### ❑ Salud Laboral

La evaluación de riesgos ocupacionales se basa en una combinación del enfoque control banding, herramientas de estimación de exposición y nuevas plantillas de escenarios de exposicion desarrolladas precisamente para el caso de los nanomateriales

Los usuarios podran estimar la exposición dependiendo de las condiciones de las operaciones y las de medidas de gestión de riesgos aplicadas: deben introducirlas

Una vez introducidos todos los datos necesarios
el modelo estima si uno (o mas) escenarios pueden ser peligrosos para el trabajador.

En el caso afirmativo, el modelo recomienda MGR y COO con el objetivo de reducir su probabilidad y controlar así el riesgo.




Confidential. Only for internal use of Company

## 4. Metodologías de análisis de riesgo en el marco de RAECHnano

### Riesgos Ambientales

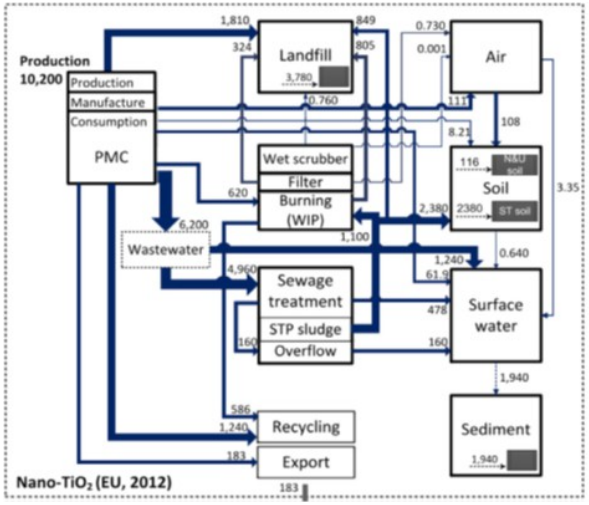
La evaluación de riesgos ambientales se hace A través de un modelo de analisis de flujo de materia probabilistico (pMFA).

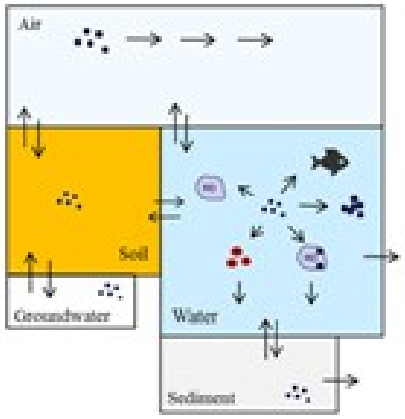
La herramienta incluye todas las etapas de ciclo De vida de los nanomateriales desde su fabricación hasta su tratamiento de residuos.

El modelo estima la liberación de nanomateriales en el aire, agua y suelo en función de la cantidad inicial.

Debido a la escasez de información, los modelos probabilisticos son los que mas utilidad tienen de momento.

En el modelo probabilistico, cada flujo se representa por una distribución de probabilidad en lugar de un valor fijo.






Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# 4. Metodologías de análisis de riesgo en el marco de RAECHnano

## Making off

**NANOPARTICLE / SUBSTANCE OR MIXTURE:**

| **Section 1** | **Title of Exposure Scenario** | | |
|---|---|---|---|
| Title | Sector of use category (SU) | Offshore industries | **SU2b** |
| | Chemical product category (PC) | Air care products | **PC3** |
| Use descriptor | Process category (PROC) | Use in closed batch process (synthesis or formulation) | **PROC 3** |
| | Environmental release category (ERC) | Industrial use resulting in inclusion into or onto a ma-trix | **ERC5** |
| Activities and substances covered in the exposure scenario. | Free Text | | |

| **Section 2** | **Operative conditions and risk management measures** |
|---|---|

| **Section 2.1** | **Controlling worker exposure** |
|---|---|
| **Characteristics** | Free Text |
| Physical form of product | List |
| Concentration of substance in product | Covers percentage substance in the product up to 25 % |
| Amounts used | Free Text |
| Frequency and duration of use | List |
| Human factors not influenced by risk management | Free Text |
| Other Operational Conditions affecting worker exposure | Lista |

| **Contributing Scenario (CS)** | |
|---|---|
| **Contributing scenario (1)** | Title/Scope |
| Additional comments | Free text |

Business, Science & Innovation
ITENE
Confidential. Only for internal use of Company

## 4. Metodologías de análisis de riesgo en el marco de RAECHnano

### Making off

| Risk Management Measures (control of worker exposure) | |
|---|---|
| Technical measures at process level (source) to prevent release | List |
| Technical conditions and measures to control dispersion from source towards the worker | List |
| Organisational measures to prevent/limit releases, dispersion and exposure | List |
| Personal Protection | List |

| Section 2.2 | Controlling Environmental Exposure | |
|---|---|---|
| Opeartional conditions affecting environmental exposures | Free text | |
| Technical onsite conditions and measures to reduce or limit discharges, air emisions and release to soil | List | |
| | Other: | Free text |
| Organizational measures to prevent/limit release from site | Adequate closed storage facilities (e.g., bulk storage tanks, intermediate bulk containers, drums) for VOC-containing raw materials | |
| | Other: | Free text |
| Conditions and measures related to municipal sewage treatment plan | All contaminated waste water must be processed in an industrial or municipal wastewater treatment plant that incorporates both primary and secondary treatments | |
| Conditions and measures related to external treatment of waste for disposal | List | |
| Conditions and measures related to external recovery of waste | List | |
| Other control measures | Free text | |

Business, Science & Innovation
ITENE
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 4. Metodologías de análisis de riesgo en el marco de RAECHnano

### Making off

| Section 3 | Exposure Estimation | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Human Health** | **Exposure estimation (Inhalation)** | | | | | | |
| **General conditions** | | TRA Predicted Exposure (mg/m3) | Concentration factor | Duration factor | RPE factor | Probability index (CB) | Predicted Exposure (mg/m3) |
| **CS (n)** | **PROC/FORM/LEV/DISPERSION** | | | | | | |
| **CS(1)** | PROC5/S/YES/MEDIUM | 0,5 | 1-5% | 1-4 hours | Efectiveness 90% | Likely | 0,009 |
| **CS (2)** | PROC9/L/NO/HIGH | 250 | >25% | >4 hours | None | | 25,000 |

| Human Health | Exposure estimation (Dermal) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **General conditions** | | TRA Predicted exposure (mg/kg/dia) | Concentration factor | PPE used | Probability index (CB) | Predicted dermal exposure (mg/kg/dia) |
| **CS (n)** | **PROC/LEV** | | | | | |
| **CS(1)** | PROC6/YES | 1,37 | 1-5% | Gloves-intensive training | Less likely | 0,007 |

| General consitions | | Release fraction to air | Release fraction to water | Release fraction to soil | Amount used | Water | Waste water | Soil |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CS(n)** | SP ERC/No ERC/ releases times per year | | | | | | | |
| **CS(1)** | TEGEWA 3/5/220 | 0,001 | 0,2 | 0 | 5 | 0,005 | 1 | 0 |
| **CS(2)** | TEGEWA 3/5/220 | 0,001 | 0,2 | 0 | | 0 | 0 | 0 |

Confidential. Only for internal use of Company

Business, Science & Innovation
Confidential. Only for internal use of Company

# Recomendaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales en el contexto regulador actual

## 4. Metodologías de análisis de riesgo en el marco de RAECHnano

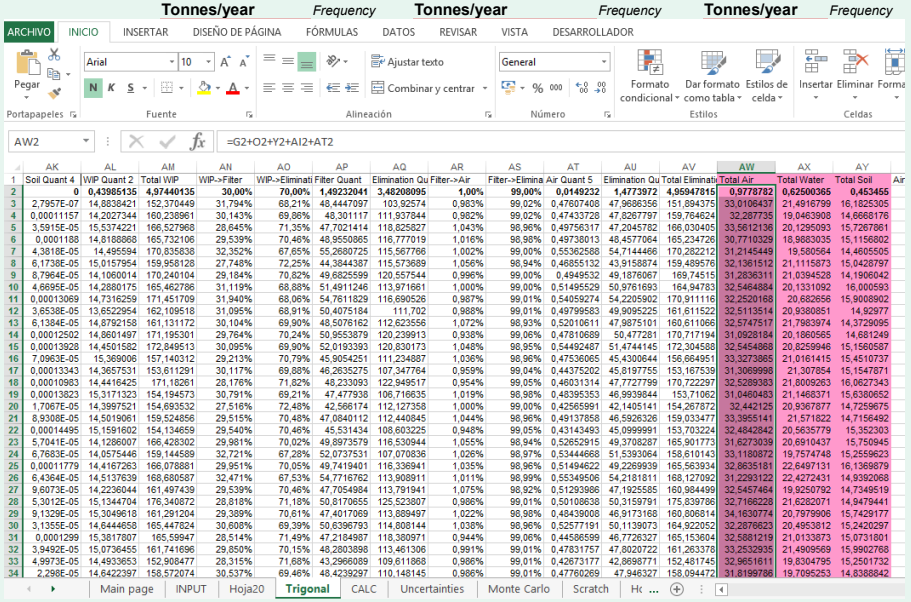
### ❑ Making off

| Air RMMs | 1=yes, 0=no |
|---|---|
| Wet scrubber - for dusts | 0 |
| Wet scrubber - for gas removal | 0 |
| Waste gas membrabe separation | 0 |
| Separator | 0 |
| Dust Collection - air cyclones | 0 |
| Waste gas treatment - thermal oxidation | 0 |
| Waste gas treatment - catalytic oxidation | 0 |
| Waste gas treatment - absorption | 0 |
| Biological treatment - degradable substances | 0 |
| Waste gas treatment - condensation | 0 |

| RMM Water | 1=yes, 0=no |
|---|---|

**Results**

| Air | Tonnes/year | Frequency | Water | Tonnes/year | Frequency | Soil | Tonnes/year | Frequency |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|




| | AK | AL | AM | AN | AO | AP | AQ | AR | AS | AT | AU | AV | AW | AX | AY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Soil Quant 4 | WIP Quant 2 | Total WIP | WIP->Filter | WIP->Eliminati | Filter Quant | Elimination Qu | Filter->Air | Filter->Elimina | Air Quant 5 | Elimination Qu | Total Eliminati | Total Air | Total Water | Total Soil |
| 2 | **0** | **0,43985135** | **4,97440135** | **30,00%** | **70,00%** | **1,49232041** | **3,48208095** | **1,00%** | **99,00%** | **0,0149232** | **1,4773972** | **4,95947815** | **0,9778782** | **0,62500365** | **0,453465** |
| 3 | 2,7957E-07 | 14,6838421 | 152,370449 | 31,794% | 68,21% | 48,4447097 | 103,92574 | 0,983% | 99,02% | 0,47607408 | 47,9686356 | 151,894375 | 33,6106437 | 21,4916799 | 16,1825305 |
| 4 | 0,00011157 | 14,2027344 | 160,238961 | 30,143% | 69,86% | 48,301117 | 111,937844 | 0,982% | 99,02% | 0,47433728 | 47,8267797 | 159,764624 | 32,287735 | 19,0463908 | 14,6668176 |
| 5 | 3,5915E-05 | 15,5374221 | 166,527968 | 28,645% | 71,35% | 47,7021414 | 118,825827 | 1,043% | 98,96% | 0,49756317 | 47,2045782 | 166,030405 | 33,5612136 | 20,1295093 | 15,7267861 |
| 6 | 0,0001188 | 14,8188868 | 165,732106 | 29,539% | 70,46% | 48,9550865 | 116,777019 | 1,016% | 98,98% | 0,49738013 | 48,4577064 | 165,234726 | 30,7710329 | 18,9883035 | 15,1156802 |
| 7 | 4,3818E-05 | 14,495594 | 170,835838 | 32,352% | 67,65% | 55,2680725 | 115,567766 | 1,002% | 99,00% | 0,55362588 | 54,7144466 | 170,282212 | 31,2145449 | 19,580564 | 14,4605505 |
| 8 | 6,1738E-05 | 15,0157954 | 159,958128 | 27,748% | 72,25% | 44,3844387 | 115,573689 | 1,056% | 98,94% | 0,46855132 | 43,9158874 | 159,489576 | 32,1361512 | 21,1115873 | 15,0428797 |
| 9 | 8,7964E-05 | 14,1060014 | 170,240104 | 29,184% | 70,82% | 49,6825599 | 120,557544 | 0,996% | 99,00% | 0,4949532 | 49,1876067 | 169,74515 | 31,2836311 | 21,0394528 | 14,1906042 |
| 10 | 4,6695E-05 | 14,2880175 | 165,462786 | 31,119% | 68,88% | 51,4911246 | 113,971661 | 1,000% | 99,00% | 0,51495529 | 50,9761693 | 164,94783 | 32,5464884 | 20,1331092 | 16,005593 |
| 11 | 0,00013069 | 14,7316259 | 171,451709 | 31,940% | 68,06% | 54,7611829 | 116,690526 | 0,987% | 99,01% | 0,54059274 | 54,2205902 | 170,911116 | 32,2520168 | 20,682656 | 15,9008902 |
| 12 | 3,6538E-05 | 13,6522954 | 162,109518 | 31,095% | 68,91% | 50,4075184 | 111,702 | 0,988% | 99,01% | 0,49799583 | 49,9095225 | 161,611522 | 32,5113514 | 20,9380851 | 14,92977 |
| 13 | 6,1384E-05 | 14,8792158 | 161,131172 | 30,104% | 69,90% | 48,5076162 | 112,623556 | 1,072% | 98,93% | 0,52010611 | 47,9875101 | 160,611066 | 32,5747517 | 21,7983974 | 14,3729095 |
| 14 | 0,00012502 | 14,8601497 | 171,195301 | 29,764% | 70,24% | 50,9553879 | 120,239913 | 0,938% | 99,06% | 0,47810689 | 50,477281 | 170,717194 | 31,0928184 | 20,1860565 | 14,681249 |
| 15 | 0,00013928 | 14,4501582 | 172,849513 | 30,095% | 69,90% | 52,0193393 | 120,830173 | 1,048% | 98,95% | 0,54492487 | 51,4744145 | 172,304588 | 32,5454888 | 20,8259946 | 15,1560587 |
| 16 | 7,0963E-05 | 15,369006 | 157,140312 | 29,213% | 70,79% | 45,9054251 | 111,234887 | 1,036% | 98,96% | 0,47536065 | 45,4300644 | 156,664951 | 33,3273985 | 21,0161415 | 15,4510737 |
| 17 | 0,00013343 | 14,3657531 | 153,611291 | 30,117% | 69,88% | 46,2635275 | 107,347764 | 0,959% | 99,04% | 0,44375202 | 45,8197755 | 153,167539 | 31,3069998 | 21,307854 | 15,1547871 |
| 18 | 0,00010983 | 14,4416425 | 171,18261 | 28,176% | 71,82% | 48,233093 | 122,949517 | 0,954% | 99,05% | 0,46031314 | 47,7727799 | 170,722297 | 32,5289383 | 21,8009263 | 16,0627343 |
| 19 | 0,00013823 | 15,3171323 | 154,194573 | 30,791% | 69,21% | 47,477938 | 106,716635 | 1,019% | 98,98% | 0,48395353 | 46,9939844 | 153,71062 | 31,0460483 | 21,1468371 | 15,6380652 |
| 20 | 1,7067E-05 | 14,3997521 | 154,693532 | 27,516% | 72,48% | 42,566174 | 112,127358 | 1,000% | 99,00% | 0,42565991 | 42,1405141 | 154,267872 | 32,442125 | 20,9367877 | 14,7259675 |
| 21 | 8,9308E-05 | 14,5019061 | 159,524856 | 29,515% | 70,48% | 47,0840112 | 112,440845 | 1,044% | 98,96% | 0,49137858 | 46,5926326 | 159,033477 | 33,3955141 | 21,571822 | 14,7156492 |
| 22 | 0,00014495 | 15,1591602 | 154,134659 | 29,540% | 70,46% | 45,531434 | 108,603225 | 0,948% | 99,05% | 0,43143493 | 45,0999991 | 153,703224 | 32,4842842 | 20,5635779 | 15,352303 |
| 23 | 5,7041E-05 | 14,1286007 | 166,428302 | 29,981% | 70,02% | 49,8973579 | 116,530944 | 1,055% | 98,94% | 0,52652915 | 49,3708287 | 165,901773 | 31,6273039 | 20,6910437 | 15,750945 |
| 24 | 6,7683E-05 | 14,0575446 | 159,144589 | 32,721% | 67,28% | 52,0737531 | 107,070836 | 1,026% | 98,97% | 0,53444668 | 51,5393064 | 158,610143 | 33,1180872 | 19,7574748 | 15,2559623 |
| 25 | 0,00011779 | 14,4167263 | 166,078881 | 29,951% | 70,05% | 49,7419401 | 116,336941 | 1,035% | 98,96% | 0,51494622 | 49,2269939 | 165,563934 | 32,8635181 | 22,6497131 | 16,1369879 |
| 26 | 6,4364E-05 | 14,5137639 | 168,680587 | 32,471% | 67,53% | 54,7716762 | 113,908911 | 1,011% | 98,99% | 0,55349506 | 54,2181811 | 168,127092 | 31,2293122 | 22,4272431 | 14,9392068 |
| 27 | 9,6073E-05 | 14,2236044 | 161,497439 | 29,539% | 70,46% | 47,7054984 | 113,791941 | 1,075% | 98,92% | 0,51293986 | 47,1925585 | 160,984499 | 32,5457464 | 19,9250792 | 14,7349519 |
| 28 | 5,3012E-05 | 15,1344704 | 176,340872 | 28,818% | 71,18% | 50,8170655 | 125,523807 | 0,986% | 99,01% | 0,50108638 | 50,3159791 | 175,839786 | 32,7168228 | 21,6282071 | 14,9479441 |
| 29 | 9,1329E-05 | 15,3049618 | 161,291204 | 29,389% | 70,61% | 47,4017069 | 113,889497 | 1,022% | 98,98% | 0,48439008 | 46,9173168 | 160,806814 | 34,1630774 | 20,7979906 | 15,7429177 |
| 30 | 3,1355E-05 | 14,6444658 | 165,447824 | 30,608% | 69,39% | 50,6396793 | 114,808144 | 1,038% | 98,96% | 0,52577191 | 50,1139073 | 164,922052 | 32,2876823 | 20,4953812 | 15,2420297 |
| 31 | 0,0001299 | 15,3817807 | 165,59947 | 28,514% | 71,49% | 47,2184987 | 118,380971 | 0,944% | 99,06% | 0,44586599 | 46,7726327 | 165,153604 | 32,5881219 | 21,0133873 | 15,0731801 |
| 32 | 3,9492E-05 | 15,0736455 | 161,741696 | 29,850% | 70,15% | 48,2803898 | 113,461306 | 0,991% | 99,01% | 0,47831757 | 47,8020722 | 161,263378 | 33,2532935 | 21,4909569 | 15,9902768 |
| 33 | 4,9973E-05 | 14,4933653 | 152,908477 | 28,315% | 71,68% | 43,2966089 | 109,611868 | 0,986% | 99,01% | 0,42673177 | 42,8698771 | 152,481745 | 32,9651611 | 19,8304795 | 15,2501732 |
| 34 | 2,298E-05 | 14,6422397 | 158,572074 | 30,537% | 69,46% | 48,4239297 | 110,148145 | 0,986% | 99,01% | 0,47760269 | 47,946327 | 158,094472 | 31,8199786 | 19,7095253 | 14,8388842 |

RESEARCH CENTER

# ITENE

BUSINESS, SCIENCE & INNOVATION

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

REACHnano

REACHnano HELPDESK

Life

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL EMBALAJE,

Business, Science & Innovation
al use of Company