SOLAR CONCENTRA
26 Octubre 2018

Proyectos Europeos de Reducción de Consumos de Agua (WASCOP & SOLWATT)

Estíbaliz Aranzabe (earanzabe@tekniker.es) Head of Surface Chemistry and Nanotechnologies Unit

IK4 TEKNIKER
Research Alliance

© IK4-TEKNIKER 2017

© IK4-TEKNIKER 2017

WASCOP

Título: Water Saving for Solar Concentrated Power
Convocatoria: H2020-LCE-02-2015 (Competitive Low-Carbon Energy)
Coordinador: CEA (FR)
Participantes: DLR (DE), CIEMAT (ES), CRAN (UK), TEK (ES), MAS (MOR), RIO (ES), ASE (IT),OMT (NET), HAM (BE), AMIRES (CZ)
Presupuesto: 5.941.607,50 € (Contribución UE)
Duración: Enero 2016–Enero 2020 (48 meses)
Objetivo principal: Desarrollo de soluciones tecnológicas y estrategias optimizadas que permitan reducir significativamente el consumo de agua de las plantas termosolares, asegurando al mismo tiempo un excelente rendimiento en la producción de energía eléctrica.

TRL 3-5 (from the proof concept to the validation in relevant environment)

SOLWATT

Título: Solving Water Issues for CSP plants
Convocatoria: H2020-LCE-2016-2017 (Competitive Low-Carbon Energy)
Coordinador: TSK (SP)
Participantes: CEA (FR), DLR (DE), CIEMAT (ES), CRAN (UK), TEK (ES), RIO (ES), ASE (IT), IDT (ES), FCS (ES), BSCC (ES), BRIGHTSOURCE (IL), AMIRES (CZ)
Presupuesto: 12.581.051,50 € (Contribución UE: 10.812.504,02€¨)
Duración: Mayo 2018– Abril 2022 (48 meses)
Objetivo principal: Mejorar, implementar y demostrar la viabilidad de tecnologías y estrategias rentables que permitan reducir significativamente el consumo de agua de las plantas termosolares, asegurando al mismo tiempo un excelente rendimiento en la producción de energía eléctrica.

TRL 5-7 (from the validation in relevant environment to prototype demonstration in operational environment)

SOLAR
CONCENTRA
26 Octubre 2018

Nuevas tecnologías para la mejora de la limpieza y la reducción del consumo de agua

Estíbaliz Aranzabe (earanzabe@tekniker.es) Head of Surface Chemistry and Nanotechnologies Unit

IK4 TEKNIKER
Research Alliance

© IK4-TEKNIKER 2017

© IK4-TEKNIKER 2017

Design of new components

Specialists in designing mechatronic equipment and precision systems for a large variety of applications (scientific equipment, machine tool, etc.) Solution of complex tribological problems.

TECHNOLOGIES

- Precision engineering.
- Mechatronics.
- Electronics.
- Thermal fluidic simulation.
- Tribology.
- Precision metrology.
- Vacuum systems.

SOLAR APPLICATIONS

- Stirling engines.
- Solar collectors design, precision trackers, test benches and solar sensoring.
- Custom made systems for geometric characterisation and precision assembly.
- Development specific production systems for the sector (e.g. coating chambers)
- Development of CIGS solar cells.

Heat transfer and storage

Wide experience in design, characterisation and analysis of fluids and materials for different industries (automotive, aeronautic, building...)

TECHNOLOGIES

- Heat Transfer Fluids (HTFs)
- Composites based on micro and nanotechnology.
- Encapsulation by sol-gel.

SOLAR APPLICATIONS

- Development, characterisation and monitorization of HTFs.
- Design and characterisation of Phase Change Materials (PCMs) for energy storage at different temperature ranges.
- PCMs encapsulation and use of nanotechnology for improving thermal properties of storage and tranfer materials.
- Chemical and structural analysis of molten salts.
- Chemical reactions for energy storage.

Surface and coatings

Specialists in developing coatings and surface treatments for their application to machinery, automotive, sensorial, building and other parts and components.

TECHNOLOGIES

- Physical Vapour Deposition (PVD) by sputtering or Arc.
- Solgel for surfaces functionalization.
- Texturing by UV-Lithography.
- Laser.

SOLAR APPLICATIONS

- Functionalization of optical surfaces: selective, reflective or antireflective coatings.
- Development of hydrophobic, hydrophilic, biocide, self-cleaning or photocatalitic surfaces.
- Development of CIGS absorbing coatings, contacts and buffer layer.
- Transparent Conductive Oxide (TCO) coatings.
- Development of laser scribing process for thin film solar cells.

Set-up, operation and maintenance

More than 25 years of experience and knowledge in connection with strategy definition and the application of predictive maintenance technologies. Principally collaborating with the customers on optimising processes and products.

TECHNOLOGIES

- Wireless Communications.
- Chemical analysis.
- Metrology
- E-maintenance
- Sensorics.
- Condition Monitoring.
- RAMS Analysis
- Wearable computing/ ambient intelligence

SOLAR APPLICATIONS

- Autonomous heliostats or throughs (wireless)
- Predictive maintenance based on HTF analysis.
- Detoxification of water and soils contaminated by HTFs.
- New O&M strategies.
- Geometric characterisation and precision assembly.
- Energy-efficiency optimization.

© IK4-TEKNIKER 2017

Nuevas tecnologías para la mejora de la estrategia de limpieza y la reducción del consumo de agua

Introducción

Reducción de la necesidad de limpieza

Optimización de estrategia de limpieza

Optimización del método de limpieza

Conclusiones

© IK4-TEKNIKER 2017

Introducción: problemática y sus consecuencias

- Plantas CSP→ en regiones con climas áridos o semi-áridos con importante concentración de polvo y arena en el ambiente.
- El polvo se adhiere a la superficie de los reflectores solares y a otros componentes (receivers) y hace que se reduzca la transmitancia (y en consecuencia la reflectancia)
- **La suciedad disminuye la reflectancia y la energía generada entre un 5% y un 25%** al reducir la cantidad de radiación que puede ser reflejada y concentrada.

Para abordar esta problemática (ensuciamiento) se realizan operaciones de limpieza con agua presurizada o cepillos que eliminan la suciedad de las superficies ópticas (consumo de agua y gastos de O&M)

	Water consumption	Speed	Cleaning level
BRUSH CLEANING	👍	👎	👍
HIGH PRESSURE CLEANING	👎	👍	👎

Estrategia de limpieza: Dependiendo de la planta CSP: (1) frecuencia fija: 7-14 días, (2) Sólo en algunos períodos (sin lluvia), (3) Dependiendo de los valores de reflectancia

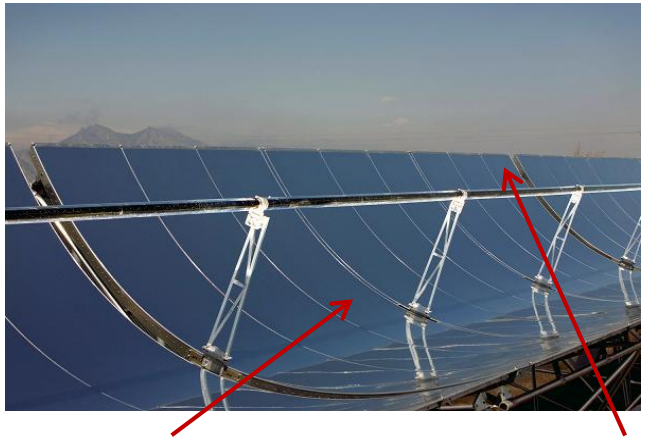
Polvo en el ambiente → **Polvo en los reflectores** → **Reducción de la energía generada** → **Operación de limpieza** → **Consumo de agua** / **Costes de O&M**

Degradación del reflector

© IK4-TEKNIKER 2017

Introducción: problemática y sus consecuencias

Componentes afectados por el soiling



Reflectores
(reflectividad)

receptor
(transmisividad del vidrio)

Reflectores (reflectividad)

Para mantener la transmisión y la eficiencia de reflexión, los colectores deben estar limpios de polvo. El soiling causa absorción y scattering en las superficies ópticas.

© IK4-TEKNIKER 2017

Introducción: problemática y sus consecuencias

	Consumo de agua	Velocidad	Nivel de limpieza
LIMPIEZA CON CEPILLOS	0.36-0.5 l/m^2	45-60 heliostatos/día	≈99-99.5%
AGUA PRESURIZADA	0.4-0.8 l/m^2	380-420 heliostatos/día	≈93-95%

	Consumo de agua	Velocidad	Nivel de limpieza
LIMPIEZA CON CEPILLOS	0.31-0.45 l/m^2	9-10 lazos/día	≈99-99.5%
AGUA PRESURIZADA	0.33-0.86 l/m^2	20 lazos/día	≈93-95%

© IK4-TEKNIKER 2017

Soluciones propuestas por WASCOP/SOLWAT

REDUCIR LAS NECESIDADES DE LIMPIEZA

1) Reducir el polvo que llega a los reflectores

2) Minimizar la deposición de polvo en los componentes

OPTIMIZAR LA ESTRATEGIA DE LIMPIEZA

1) Conocer el estado del campo solar

2) Conocer los mecanismos de ensuciamiento para poder establecer el mejor momento para limpiar o la mejor ubicación para una planta

OPTIMIZAR EL MÉTODO DE LIMPIEZA

1) Limpieza por ultrasonidos

2) Limpieza usando la gravedad y la humedad del rocío

© IK4-TEKNIKER 2017

Nuevas tecnologías para la mejora de la estrategia de limpieza y la reducción del consumo de agua

Introducción

Reducción de la necesidad de limpieza

Optimización de estrategia de limpieza

Optimización del método de limpieza

Conclusiones

© IK4-TEKNIKER 2017

Soluciones propuestas por WASCOP/SOLWAT

REDUCIR LAS NECESIDADES DE LIMPIEZA

1) Reducir el polvo que llega a los reflectores
2) Minimizar la deposición de polvo en los componentes

OPTIMIZAR LA ESTRATEGIA DE LIMPIEZA

1) Conocer el estado del campo solar
2) Conocer los mecanismos de ensuciamiento para poder establecer el mejor momento para limpiar o la mejor ubicación para una planta

OPTIMIZAR EL MÉTODO DE LIMPIEZA

1) Limpieza por ultrasonidos
2) Limpieza usando la gravedad y la humedad del rocío

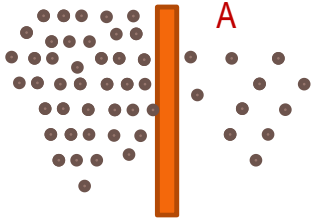
© IK4-TEKNIKER 2017

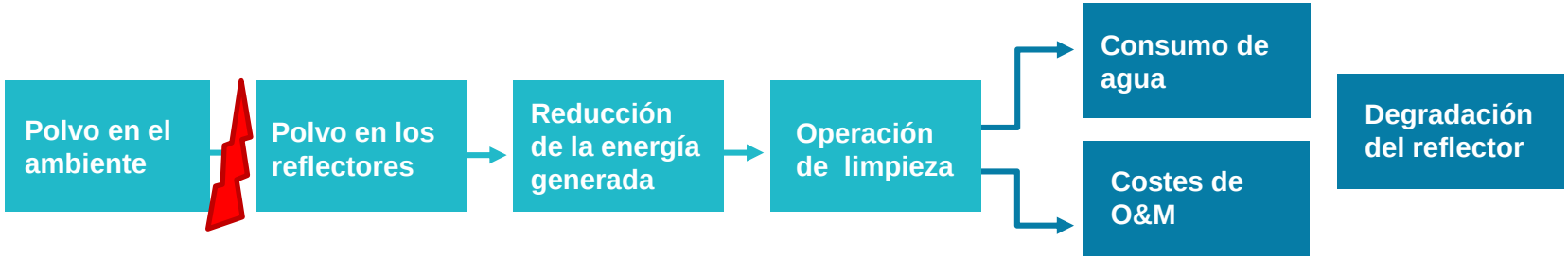
Reducción de las necesidades de limpieza

Dos aproximaciones diferentes:

→ Reducir el polvo que llega a las superficies ópticas (A)→ DUST barriers

→ Reducir la deposición de polvo en las superficies ópticas (B)→ COATINGS que favorecen la NO adhesión de polvo

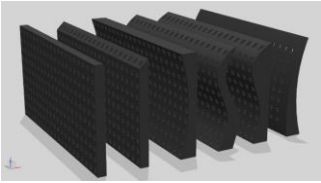


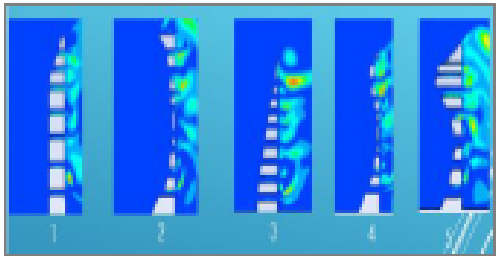


© IK4-TEKNIKER 2017

Reducción de las necesidades de limpieza: dust barriers

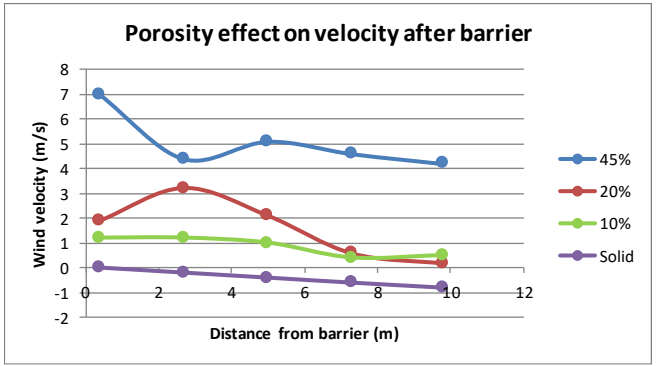
- Las barreras pueden controlar y modificar el flujo del viento
  - Pueden acelerar o decelerar la velocidad del viento
  - Pueden producir cierto grado de turbulencia.
- El impacto del flujo de aire en las partículas de polvo depende de su tamaño, forma, masa, carga y composición química.
- Estas barreras se diseñan para
  - Decelerar las partículas grandes
  - Forzar a las partículas pequeñas a
    - acelerar a una altura que no puedan caer al suelo dentro del campo solar
    - Que caigan en la barrera o cerca de ella





SIMULACIONES CFD Y ENSAÑOS EN TUNEL DE VIENTO

- Se ha trabajado con diferentes geometrías, porosidades, distancias…concluyendo que las propiedades que debe tener una barrera contra el polvo son:
  - La altura de la barrera debe ser similar a la altura de los colectores.
  - La barrera debe colocarse a una distancia de la primera fila de colectores aproximadamente igual a su altura.
  - La porosidad de la barrera debe estar entre el 15 y el 30% (la barrera más porosa es la más prometedora).



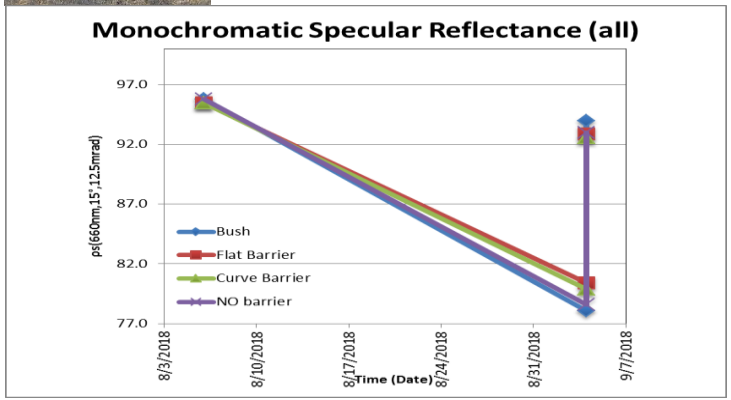
© IK4-TEKNIKER 2017

Reducción de las necesidades de limpieza: dust barriers

Las barreras finales para ser testadas en PSA fueron diseñadas y construidas en Cranfield (barrera plana, curva y natural)
Porosidad del 35%, chapa de acero galvanizada sobre estructura metálica.

Para acelerar su evaluación:

- Creación de viento artificial con 4 grandes ventiladores
- Empleo de polvo de PSA tamizado (<250um) en el flujo de aire (0,5-2,5 kg de arena por prueba).

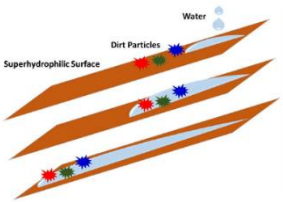


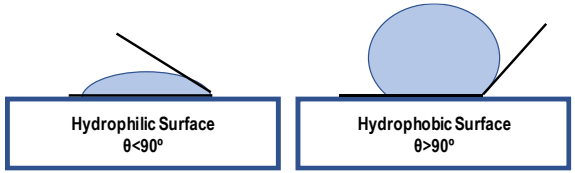
Los resultados indican que más del 45% de las partículas se detuvieron por la barrera plana.

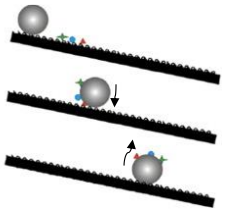
© IK4-TEKNIKER 2017

Reducción de las necesidades de limpieza: recubrimientos anti-soiling

RECUBRIMIENTOS PASIVOS: Existen diferentes tipos recubrimientos para minimizar la deposición de polvo: (1) recubrimientos hidrofóbicos, (2) recubrimientos hidrofílicos y







HIDROFÍLICOS

- **Principio de funcionamiento**
  - Bajo ángulo de contacto agua-superficie
  - **PREVIENE:** Forma una fina capa de agua sobre toda la superficie incrementando la conductividad y previniendo la localización de cargas electrostáticas.
  - **ELIMINA:** Promueve el transporte de las partículas (superficie totalmente mojada).
- **Limitaciones actuales**
  - Requieren capas muy finas para no disminuir reflectancia
  - Durabilidad cuestionada.

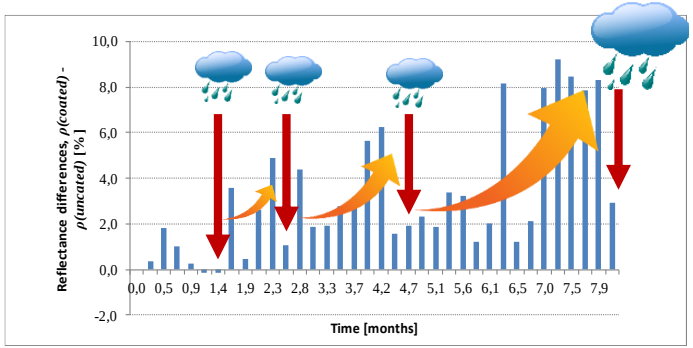
HIDROFÓBICOS

- **Principio de funcionamiento**
  - Alto ángulo de contacto agua-superficie
  - **ELIMINA:** Promueve el transporte de las partículas por rodadura
- **Limitaciones actuales**
  - Coatings nanoparticulados pueden producir scattering
  - Algunos hidrofóbicos adsorben humedad ambiental
  - Durabilidad cuestionada.

© IK4-TEKNIKER 2017

Reducción de las necesidades de limpieza: recubrimientos anti-soiling

CUESTIONES IMPORTANTES: (1) FUNCIONALIDAD, (2) DURABILIDAD, (3) ESCALABILIDAD



1. FUNCIONALIDAD

- El comportamiento es excelente. Una diferencia de reflectancia media de 3,3 y una diferencia de reflectancia máxima de 9,5.
- Las diferencias son mayores para muestras muy sucias
- El comportamiento antisuciedad es más fuerte después de algunos períodos de lluvia.

CARACTERISTICAS

Composición: Titanium dioxide (anatase)

Espesor: 100-150 nm

Propiedades ópticas: no se ven afectados negativamente por el coating (máxima diferencia entre la parte recubierta y la no recubierta: 0.2%)

PROCESO DE FABRICACIÓN

Método de aplicación: spraying en la cara frontal del vidrio previo a la deposición del plata

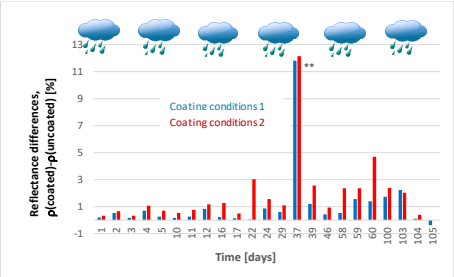
Curado del recubrimiento: tratamiento térmico específico

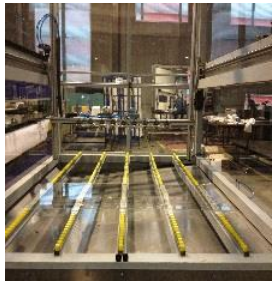
2. DURABILIDAD

- Ensayos acelerados (CASS, NSS, climatica, humedostática..→ ok)
- Tras 4 años de exposición al aire libre, las muestras recubiertas mantienen un mejor comportamiento anti-suciedad que las muestras no recubiertas, validando así su durabilidad.

3. ESCALABILIDAD

- Muestras de tamaño real recubiertas obteniendo resultados similares





© IK4-TEKNIKER 2017

Nuevas tecnologías para la mejora de la estrategia de limpieza y la reducción del consumo de agua

Introducción

Reducción de la necesidad de limpieza

Optimización de estrategia de limpieza

Optimización del método de limpieza

Conclusiones

© IK4-TEKNIKER 2017

Soluciones propuestas por WASCOP/SOLWAT

REDUCIR LAS NECESIDADES DE LIMPIEZA

1) Reducir el polvo que llega a los reflectores

2) Minimizar la deposición de polvo en los componentes

OPTIMIZAR LA ESTRATEGIA DE LIMPIEZA

1) Conocer el estado del campo solar

2) Conocer los mecanismos de ensuciamiento para poder establecer el mejor momento para limpiar o la mejor ubicación para una planta

OPTIMIZAR EL MÉTODO DE LIMPIEZA

1) Limpieza por ultrasonidos

2) Limpieza usando la gravedad y la humedad del rocío

© IK4-TEKNIKER 2017

Optimizar la estrategia de limpieza

Dos aproximaciones diferentes:

→ Monitorización del estado del campo solar (A)→ SENSORES

→ Conocimiento de los mecanismos de ensuciamiento (B)→ MODELOS

ACTUALMENTE las estrategias de limpieza están fundamentalmente basadas en FRECUENCIAS…Se pretende establecer nuevas ESTRATEGIAS basadas en:

Conocimiento del ESTADO del campo solar en TIEMPO REAL.

Actualmente, hay cierto conocimiento del estado del campo pero:

- Los equipos de medición son portables (medidas puntuales)
- Requieren de cierta manipulación (no se puede automatizar)

Previsión de soiling en función de datos meteorológicos

Se puede optimizar el la planificación de cuando limpiar conociendo:

- Los mecanismos de ensuciamiento
- La influencia de determinados valores meteorológicos (ej. rocío)

Así mismo, estos modelos pueden ser útiles para la decisión de localización de una planta.

© IK4-TEKNIKER 2017

Optimizar la estrategia de limpieza: SENSORES

Sensor 1 : SENSOR DE BAJO COSTE PARA REFLECTORES→ FASE VALIDACIÓN

- Bajo coste. Medición de scattering de una superficie representative
- Orientado a poder hacer un despligue de sensores fijos y “mapear” el campo solar→ dónde limpiar, cúando limpiar

Sensor 2: SENSOR DE SUCIEDAD Y DEGRADACIÓN PARA REFLECTORES→ AUN EN DESARROLLO

- No fijo (PORTABLE)
- Complementario al sensor 1→ distingue degradación y soiling

Sensor 3 : SENSOR DE TRANSMITANCIA PARA RECEPTORES (t-TraC)→ FASE VALIDACIÓN

- No portable→ mide transmitancia de muestra de tubo.

© IK4-TEKNIKER 2017

Optimizar la estrategia de limpieza: SENSORES

Sensor 1 : SENSOR DE BAJO COSTE PARA REFLECTORES

Campaña de medición, registro de datos y seguimiento en las instalaciones de PSA (CIE) en los próximos meses (De junio de 2018 a julio de 2019).

1. **Medida relativa de la suciedad sobre la superficie de medida.**
2. **Basado en el scattering de la luz infrarroja modulada emitida por un transductor interno.**
3. Dispositivo integrado compacto de bajo costo: 100 X 80 X 40 mm.
4. No interfiere con la operación y mantenimiento de los espejos.
5. Integración sencilla. No requiere ajuste u operaciones en planta.
6. Medidas continuas en tiempo real.
7. Incluye interfaces eléctricos industriales usados en el sector de automoción.
8. No requiere operaciones adicionales (se limpia a la vez que los espejos).

© IK4-TEKNIKER 2017

Optimizar la estrategia de limpieza: SENSORES

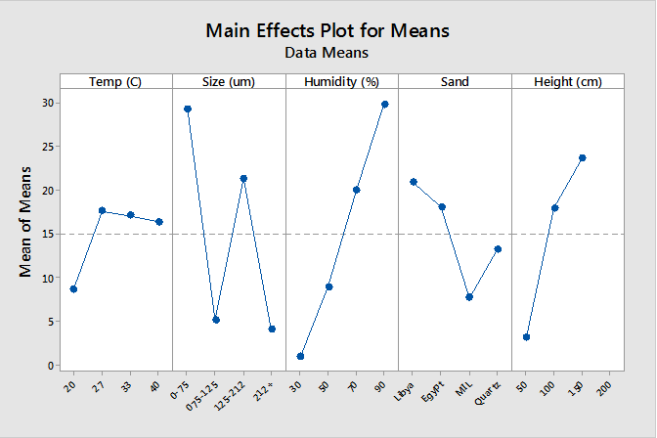
Sensor 3 : SENSOR DE TRANSMITANCIA PARA TUBO

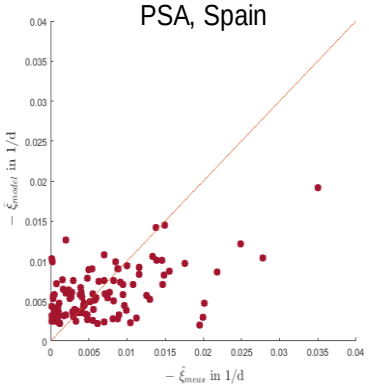
- Mide la pérdida de transmisión del vidrio del absorbedor
- El instrumento está funcionando en PSA.
- Realización de mediciones de validación con muestras sucias artificialmente
- Medición de suciedad a largo plazo de la muestra de vidrio absorbente en curso

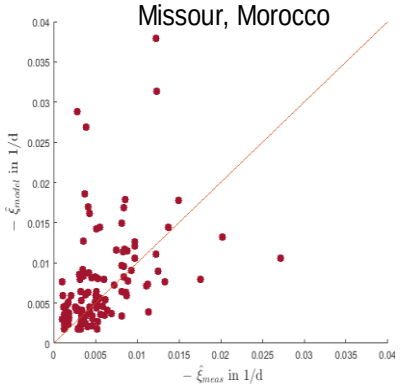
© IK4-TEKNIKER 2017

Optimizar la estrategia de limpieza: MODELO DE SOILING

Resultado 1: efecto de la granulometría, la velocidad de impacto, la composición, la humedad relativa y la temperatura sobre la adherencia de la arena.







Resultado 2: Modelo entrenado con un conjunto de datos de medición a largo plazo de PSA que contiene:

- Concentración del número de partículas de 0.25 µm - 30 µm
- Viento, humedad relativa, lluvia, irradiancia, rocío, temperatura, presión atmosférica, etc.

© IK4-TEKNIKER 2017

Nuevas tecnologías para la mejora de la estrategia de limpieza y la reducción del consumo de agua

Introducción

Reducción de la necesidad de limpieza

Optimización de estrategia de limpieza

Optimización del método de limpieza

Conclusiones

© IK4-TEKNIKER 2017

Soluciones propuestas por WASCOP/SOLWAT

REDUCIR LAS NECESIDADES DE LIMPIEZA

1) Reducir el polvo que llega a los reflectores

2) Minimizar la deposición de polvo en los componentes

OPTIMIZAR LA ESTRATEGIA DE LIMPIEZA

1) Conocer el estado del campo solar

2) Conocer los mecanismos de ensuciamiento para poder establecer el mejor momento para limpiar o la mejor ubicación para una planta

OPTIMIZAR EL MÉTODO DE LIMPIEZA

1) Limpieza por ultrasonidos

2) Limpieza usando la gravedad y la humedad del rocío

© IK4-TEKNIKER 2017

Optimizar el método de limpieza

Dos SOLUCIONES propuestas (de bajo consumo de agua):

→ Limpieza por ultrasonidos (A)

→ Gravity lip system (B)

FASE DESARROLLO

FASE VALIDACIÓN

Polvo en el ambiente → Polvo en los reflectores → Reducción de la energía generada → Operación de limpieza

Consumo de agua

Costes de O&M

Degradación del reflector

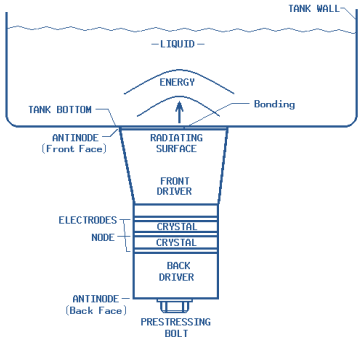
© IK4-TEKNIKER 2017

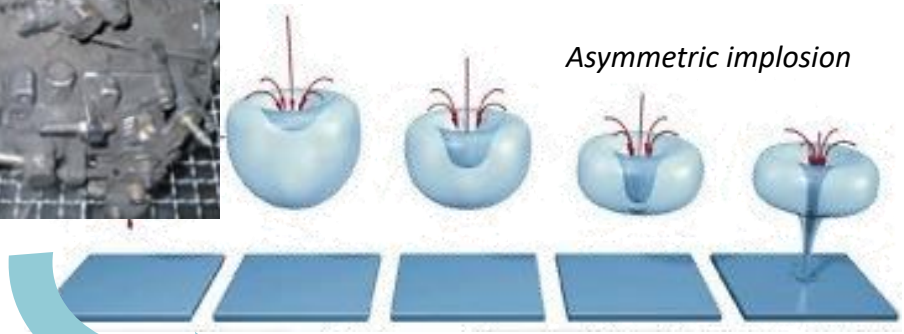
Optimizar el método de limpieza: limpieza por ultrasonidos

IK4 TEKNIKER
Research Alliance

PRINCIPIO

- Ondas ultrasónicas (>20kHz) de alta intensidad
- Burbujas de cavitación
- Micro chorros de agua (280m/s)





VENTAJAS

La tecnología es capaz de eliminar partículas de pequeño tamaño incluso en poros

© IK4-TEKNIKER 2017

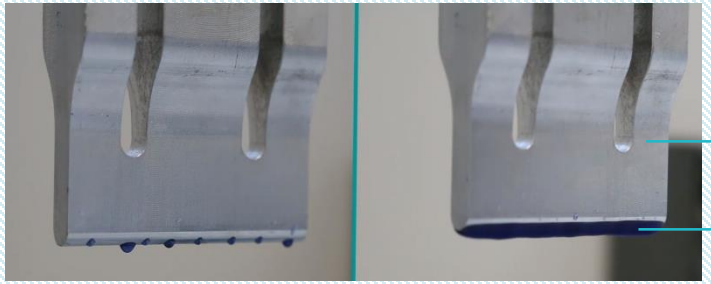
Optimizar el método de limpieza: limpieza por ultrasonidos

IK4-TEKNIKER ha desarrollado y patentado un sistema de limpieza por ultrasonidos que

- NO requiere de INMERSION → apto para la limpieza de grande superficies

PRINCIPIOS

- Reducción de la tensión superficial del líquido.
- Generación de película liquida
- Concentración del campo de cavitación



No vibration Ultrasonic vibration

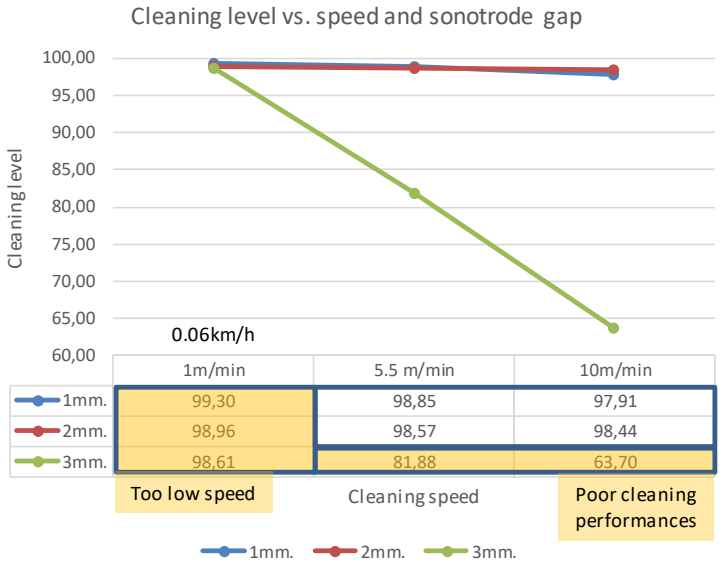
PARAMETROS CLAVE

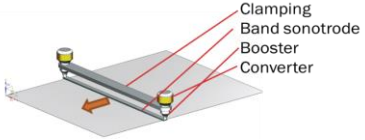
Frecuencia de vibración| Amplitud de vibración | Liquido de limpieza

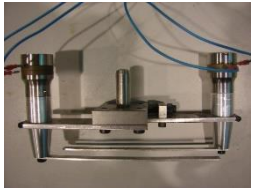
© IK4-TEKNIKER 2017

Optimizar el método de limpieza: limpieza por ultrasonidos

PROTOTIPO DE LABORATORIO





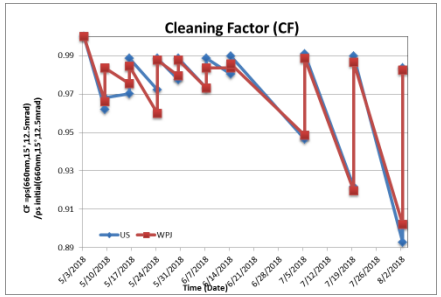


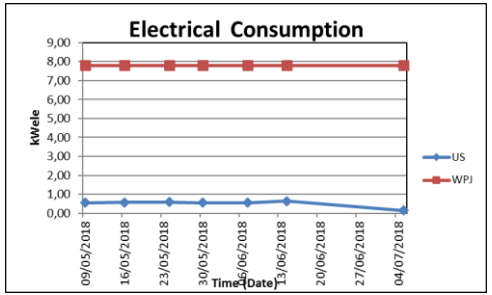
ESCALADO DEL PROTOTIPO

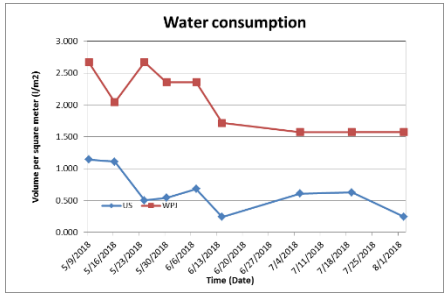
© IK4-TEKNIKER 2017

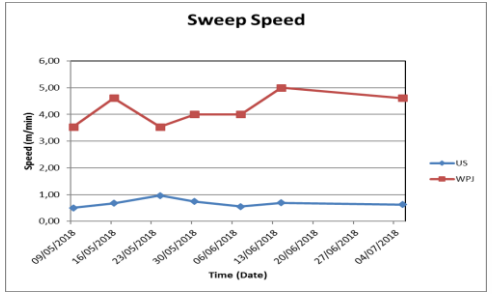
Optimizar el método de limpieza: limpieza por ultrasonidos

PRIMEROS RESULTADOS DE VALIDACIÓN→ COMPARATIVA CON AGUA A PRESIÓN









Para un nivel de limpieza determinado del 98% de la reflectancia relativa

- US requiere una cantidad de agua 6 veces menor que el agua a presión
- US requiere aproximadamente 16 veces menos energía eléctrica que el agua a presión..
- US es 5 veces más lenta que el agua a presión.

El punto clave es aumentar el tiempo de exposición al ultrasonido aumentando el ancho de la banda ultrasónica, de esta manera se consume más energía, pero el espejo se limpia más rápido y por lo tanto, el consumo de agua disminuye aún más.

© IK4-TEKNIKER 2017

Nuevas tecnologías para la mejora de la estrategia de limpieza y la reducción del consumo de agua

Introducción

Reducción de la necesidad de limpieza

Optimización de estrategia de limpieza

Optimización del método de limpieza

Conclusiones

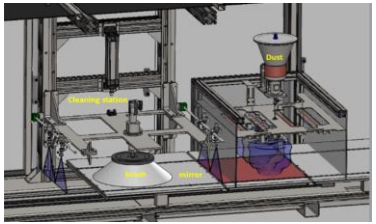
© IK4-TEKNIKER 2017

Conclusiones

- Existen varias tecnologías con potencial para la reducción del consumo de agua de limpieza
- Los estados de desarrollo son heterogéneos si bien existen tecnologías muy avanzadas: ultrasonidos, recubrimientos, sensores…

OTRAS TECNOLOGÍAS NO PROPUESTAS EN WASCOP/SOLWAT

- **Aditivos de limpieza**
  - **Reducción de electricidad estática**
  - **Generación de superficies hidrofóbicas (limpiaparabrisas) o hidrofílicas**
  - **Aditivos con capacidad de degradar la materia orgánica**
- **Otros procedimientos de limpieza**
  - **Limpieza por efectos térmicos**
- **Ensayos útiles (simulación de limpieza para la selección de cepillos, reflectores)**



PARKE TEKNOLOGIKOA
C/ Iñaki Goenaga, 5
20600 EIBAR GIPUZKOA
SPAIN
www.tekniker.es

GRACIAS

earanzabe@tekniker.es

http://www.tekniker.es/es/energias-renovables

https://issuu.com/ik4-tekniker/docs/concentrated_solar_power

IK4 TEKNIKER
Research Alliance

© IK4-TEKNIKER 2017