

UNIVERSIDAD, INVESTIGACIÓN Y CONOCIMIENTO

EL VALOR DE LA I+D+i PARA EVOLUCIONAR HACIA
UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE Y RESPONSABLE



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

**UNIVERSIDAD,
INVESTIGACIÓN Y CONOCIMIENTO:
EL VALOR DE LA I+D+i
PARA EVOLUCIONAR HACIA UNA SOCIEDAD
SOSTENIBLE Y RESPONSABLE**

**UNIVERSIDAD,
INVESTIGACIÓN Y CONOCIMIENTO:
EL VALOR DE LA I+D+i PARA EVOLUCIONAR
HACIA UNA SOCIEDAD
SOSTENIBLE Y RESPONSABLE**

Coordinadores

Emilio Álvarez-Arregui
Santiago García Granda

Colaboradores

Alejandro Rodríguez-Martín
Aránzazu Valdés González
Beatriz Rodríguez Ruiz
Carolina González Melgar
Covadonga Rodríguez Martín
Florentino Avelino López
Javier Martín Antón
José Pablo Paredes Sánchez
Lucía Menéndez Menéndez
Margarita Alonso Corrales
Marta María Álvarez Martínez-Cué
María Mercedes García Cuesta
Noelia Rico Pachón
Patricia García Zapico
Verónica Cañal Fernández



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

© 2020 Universidad de Oviedo

© Los autores

Universidad de Oviedo

Portada e Ilustraciones: Eduardo Carruébano Vega Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo

Campus de Humanidades. Edificio de Servicios. 33011 Oviedo, Asturias, España Tel. 985 10 95 03

Fax 985 10 95 07

[http: www.uniovi.es/publicaciones](http://www.uniovi.es/publicaciones) servipub@uniovi.es

I.S.B.N.: 978-84-17445-94-2

DL AS 602-2020

Todos los derechos reservados. De conformidad con lo dispuesto en la legislación vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reproduzcan o plagien, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, fijada en cualquier tipo y soporte, sin la preceptiva autorización.

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	11
UN MUNDO GLOBALIZADO Y EN CAMBIO ACELERADO. HACIA DÓNDE ORIENTAR LA EDUCACIÓN	13
1. CIENCIAS	
BIOIMAGING DE PROTEÍNAS RELACIONADAS CON ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS EN SECCIONES DE TEJIDO DE UN MODELO ANIMAL DE RATÓN EMPLEANDO ABLACIÓN LÁSER ICP-MS.....	37
COASTAL UPWELLING BUFFERS THE IMPACT OF MARINE HEATWAVES IN THE CANTABRIAN SEA	45
CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GENÉTICO A TRAVÉS DEL ESTABLECIMIENTO DE UN BIOBANCO DE ADN DE LA FLORA CANTÁBRICA.....	55
DEFECTOS DE CALIDAD EN LA CARNE Y SU RELACIÓN CON EL ESTRÉS OXIDATIVO	65
DESARROLLO DE INMUNOENSAYOS EMPLEANDO NANOCLÚSTERES METÁLICOS COMO MARCA PARA LA DETERMINACIÓN MULTIMODAL DE PROTEÍNAS DE INTERÉS EN PROCESOS NEURODEGENERATIVOS	73
DESARROLLO DE UN SENSOR BASADO EN NANOPARTÍCULAS DE ORO PARA LA DETECCIÓN RÁPIDA, VISUAL Y SENCILLA DE MICRO ARNS.....	81
ESTUDIO DE LA DISHOMEOSTASIS DE METALES EN NEURODEGENERACIÓN OCULAR CON TÉCNICAS BIOANALÍTICAS AVANZADAS	91
IDENTIFICACIÓN DE NUEVOS BIOMARCADORES DE ADAPTACIÓN A ESTRÉS POR ALTAS TEMPERATURAS EN PINÁCEAS MEDIANTE UNA APROXIMACIÓN DE BIOLOGÍA DE SISTEMAS.....	101
IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE AGRUPAMIENTOS DE GENES DE BIOSÍNTESIS DE COMPUESTOS DERIVADOS DE HIDROXIBENZOATOS EN STREPTOMYCES.....	109
IMPACTO DE ALTERACIONES REDOX EN EL CÁNCER DE PRÓSTATA	115
LA AUTOTOMÍA Y LA REGENERACIÓN: COSTES FUNCIONALES Y DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS EN LACÉRTIDOS	125
MEDIDA DEL PROCESO TTH EN ESTADOS FINALES MULTILEPTÓNICOS USANDO DATOS TOMADOS DURANTE EL RUN 2 DEL LHC CON EL EXPERIMENTO CMS.....	135
MONITORIZACIÓN DE LA CALIDAD Y LA VIDA ÚTIL DE LOMO DE CERDO ENVASADO MEDIANTE ESPECTROSCOPIA EN EL INFRARROJO CERCANO (NIRS).....	143

NUEVO TRATAMIENTO CONTRA EL CÁNCER BASADO EN EXOSOMAS DE CÉLULAS MADRE MESENQUIMALES.....	151
RESTRICCIÓN OBSERVACIONAL, DIRECTA Y ROBUSTA DE LA FUNCIÓN DE MASA DE HALOS MEDIANTE EL SESGO DE MAGNIFICACIÓN SUBMILIMÉTRICO.....	159
SINGULARIDADES MAGNÉTICAS EN MULTICAPAS FERRI/FERROMAGNÉTICAS ESTUDIADAS POR TOMOGRAFÍA DE RAYOS X.....	169
TERAPIA FOTODINÁMICA COMO NUEVO TRATAMIENTO CONTRA EL CÁNCER.....	177
VARIACIÓN NATURAL DEL METABOLOMA DE <i>PINUS PINASTER</i> EN RESPUESTA A ESTRÉS TÉRMICO E HÍDRICO: MODELADO DE DATOS ÓMICOS	185
INFRARED PERMITTIVITY OF THE BIAXIAL VAN DER WAALS SEMICONDUCTOR α -MoO ₃ FROM NEAR- AND FAR-FIELD CORRELATIVE STUDIES.....	193
EFFECTOS DE LA NEBULIZACIÓN SOBRE UN PLASMA INDUCIDO POR LÁSER.....	205
 2. CIENCIAS SOCIALES Y JURÍDICAS	
BURÓCRATAS A PIE DE CALLE: LA DISCRECIONALIDAD DE LOS MÉDICOS DE CABECERA EN LA GESTIÓN DE LA SALUD MENTAL	217
BURNOUT EN RESIDENTES EN FORMACIÓN SEGÚN ESPECIALIDAD	223
COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y EMPLEABILIDAD EN EL GRADO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA. METODOLOGÍAS Y BUENAS PRÁCTICAS PARA SU DESARROLLO	229
DETECCIÓN DE COMUNIDADES MARÍTIMAS PORTUARIAS MEDIANTE ANÁLISIS DE REDES COMPLEJAS	239
EL APRENDIZAJE EN INVERTEBRADOS.....	247
EL DESPLAZAMIENTO TEMPORAL DEL PERSONAL DE VUELO DE LAS COMPAÑÍAS AÉREAS.....	255
EL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD EN LA EDUCACIÓN FÍSICA ESCOLAR	261
EL POTENCIAL DE LOS SERIOUS GAMES PARA IDENTIFICAR PERFILES COGNITIVOS.....	273
ESTATUS Y PROTECCIÓN EN EL DERECHO INTERNACIONAL DE LAS ORGANIZACIONES HUMANITARIAS Y SU PERSONAL, EN EL CONTEXTO DE LAS REALIDADES DEL SIGLO XXI.....	279
IMPACTO DEL APRENDIZAJE PERSONALIZADO EN KHAN ACADEMY SOBRE EL DESEMPEÑO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES DE NUEVO INGRESO EN MATEMÁTICAS.....	287
LA COMUNICACIÓN EN SALUD ANTE EL DESAFÍO DEL ENVEJECIMIENTO: REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA DE LA WoS.....	295

LA DOCENCIA COMPARTIDA COMO ESTRATEGIA DE INCLUSIÓN. UNA EXPERIENCIA DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN.	305
LA SOSTENIBILIDAD ALIMENTARIA EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)	315
LA TEORÍA CRÍTICA Y LOS DERECHOS HUMANOS.....	321
MÉTODOS DOCENTES: UTILIZACIÓN EN DIFERENTES ETAPAS EDUCATIVAS Y RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DEL ALUMNADO.....	325
MODELO DE FORMACIÓN EN COMPETENCIAS TRANSVERSALES PARA LA EMPLEABILIDAD DE PERSONAS EN SITUACIÓN DE EXCLUSIÓN O VULNERABILIDAD.....	335
TECNOTIC HACKLAB: UN JUEGO SERIO EN LA ENSEÑANZA DE LA MATERIA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN DE EDUCA- CIÓN SECUNDARIA PARA LA ADQUISICIÓN DE LAS COMPETENCIAS STEAM.....	347
VALIDACIÓN Y APLICACIÓN DE UN INSTRUMENTO PARA MEDIR LOS CO- NOCIMIENTOS, PERCEPCIONES Y ACTITUDES DE LOS DOCENTES SOBRE LAS ALTAS CAPACIDADES.....	355
INVESTIGATING THE IMPACT OF INTERNET OF THINGS ON THE EDUCA- TIONAL BUSINESS PROCESS BRANCH: BUSINESS INFORMATION SYSTEMS.....	373
PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO MATEMÁTICO EN EDUCACIÓN SECUNDA- RIA: EL ROL DE LAS VARIABLES COGNITIVAS, MOTIVACIONALES Y EMOCIONALES	381
TDAH, AUTOCONCEPTO, Y ANSIEDAD.....	391
 3. CIENCIAS DE LA SALUD	
EVALUACIÓN DEL USO PROBLEMÁTICO DE REDES SOCIALES.....	397
ADHERENCE TO THE MEDITERRANEAN DIET IN A SCHOOL-AGE CHILDREN POPULATION IN THE PRINCIPALITY OF ASTURIAS: RELATION WITH WEI- GHT STATUS AND LIFESTYLE BEHAVIOURS	403
ASOCIACIÓN ENTRE LA LENGUA GEOGRÁFICA Y LA PSORIASIS	415
CARCINOMA BASOCELULAR DE LOCALIZACIÓN AURICULAR: PARÁME- TROS CLÍNICOS ADICIONALES DESDE UNA PERSPECTIVA DE GÉNERO	419
CITOTOXICIDAD DE LA MELATONINA EN CELULAS TUMORALES: IMPLICA- CIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE EL RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO Y LA MITOCONDRIA EN LA REGULACIÓN DEL METABOLISMO TUMORAL	427
DIAGNÓSTICOS DE DIABETES MELLITUS TIPO 1 EN EL ÁREA SANITARIA IV DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS EN LOS AÑOS 2018 Y 2019	437
EFFECTO DEL USO DE UN PANEL DE SEPSIS (FILMARRAY) PARA MEJORAR EL MANEJO DE LA SEPSIS VERTICAL.	445

EFFECTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE FORMACIÓN EN SIMULACIÓN EN RESULTADOS OBSTÉTRICOS Y EN LA CAPACITACIÓN DEL PROFESIONAL.....	453
EFFECTIVENESS INTERMITTENT PNEUMATIC COMPRESION FOR RECOVERY	461
ESTUDIO DE LA FISIOPATOLOGÍA DE LA PÚRPURA TROMBOCITOPÉNICA INMUNE (PTI) SEGÚN DIANA DE AUTOANTICUERPOS PLAQUETARIOS Y DESARROLLO DE TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DIRECTO	469
GENES IMPLICADOS EN LA TRANSICIÓN EPITELIO-MESENQUIMAL EN EL CÁNCER ORAL: REVISIÓN SISTEMÁTICA	477
IMPACTO DEL CONTROL GLUCÉMICO EN LA CALIDAD DE VIDA RELACIONADA CON LA SALUD EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 1	485
IMPACTO DEL USO DE SAL YODADA Y SUPLEMENTOS YODADOS EN LA YODURIA Y FUNCIÓN TIROIDEA EN GESTANTES Y NEONATOS.....	491
INCIDENCE OF INJURIES IN ADOLESCENT FEMALE SOCCER PLAYERS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS.....	501
INCIDENCIA EN ASTURIAS Y ANÁLISIS GENÓMICO DE AISLAMIENTOS CLÍNICOS DE <i>SALMONELLA ENTERICA</i> SEROTIPO TYPHIMURIUM PORTADORES DEL PLÁSMIDO DE VIRULENCIA-RESISTENCIA pUO-StvR2	507
MÉTODOS MECÁNICOS EN LA MADURACIÓN CERVICAL E INDUCCIÓN DEL PARTO	515
NANOFÉRESIS INMUNOSELECTIVA DE A β EN EL LÍQUIDO CEFALORRAQUÍDEO COMO TRATAMIENTO DE LA ENFERMEDAD DE ALZHEIMER	525
PAPEL DE LA FAMILIA MIR-29 EN LA RESPUESTA MOLECULAR AL EJERCICIO.....	533
REPRESENTACIÓN DE LOS ENFERMEROS EN LOS MEDIOS CINEMATOGRAFICOS	539
TESTADO <i>IN VITRO</i> DE UN SISTEMA DE ELIMINACIÓN SELECTIVA DE MOLÉCULAS EN MODELOS DE ALZHEIMER	545
EVALUACIÓN CRUELTY-FREE DEL DAÑO OCULAR MEDIANTE CAPACITANCIA CELULAR DE ALTO RENDIMIENTO	555
 4. ARTES Y HUMANIDADES	
ANIMALES FANTÁSTICOS Y DÓNDE ENCONTRARLOS: EN BUSCA DEL DRAGÓN DE NEMEA (PHILOSTR., VA 3.6).....	563
BENJAMÍN MENÉNDEZ ÁLVAREZ: CAMPESINO, MAESTRO Y REFERENTE INTELLECTUAL DEL SOCIALISMO AGRARIO EN LA COMARCA DEL CUARTO DE LOS VALLES (TINEO, ASTURIAS).....	571
EL ARTE RUPESTRE DE LOS CAZADORES-RECOLECTORES DE ASTURIAS: RECOPILANDO LAS BASES DOCUMENTALES.	581

EVIDENCIA OSTEOLÓGICA DE DESARROLLO PUBERAL Y ADOLESCENTE EN LA POBLACIÓN ARQUEOLÓGICA MEDIEVAL DE SAN PABLO (BURGOS)	589
ICONOGRAFÍA DE PODER, LA VIRGEN DE GUADALUPE LEGÍTIMA DEFENSORA DEL VIRREINATO DE LA NUEVA ESPAÑA (1747-1821)	599
LA MÚSICA EN EL CONCEJO DE QUIRÓS	601
TEXTUALIDAD Y SEXUALIDAD EN LA EDUCACIÓN VIRTUAL DE POSGRADO	617
ZULEMA DE LA CRUZ. APLICACIÓN DE LOS RECURSOS ELECTROACÚSTICOS A LA TÍMBRICA ORQUESTAL. PRIMEROS EJEMPLOS.....	629
DOS ASPECTOS DE LA ECONOMÍA SAHARAUI: INSERCIÓN LABORAL DE LOS SAHARAUIS EN ESPAÑA Y EMERGENCIA DE NUEVAS EMPRESAS SAHARAUIS (EN LOS CAMPAMENTOS Y EN ESPAÑA).	639
UN PROYECTO DE ARQUITECTURA DEPORTIVA NO REALIZADO EN LA CIUDAD DE GIJÓN (PRINCIPADO DE ASTURIAS)	647
SONIDO ANCESTRAL: METODOLOGÍA DE ARCHIVO DE OBJETOS SONOROS ANCESTRALES.....	657
FUTUROS NO VIRALES: UN MAÑANA DESPUÉS DEL SIDA.....	667

5. INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

APLICABILIDAD DE LA ORIENTACIÓN A AGENTES EN EL MODELADO DE SISTEMAS CIBERFÍSICOS	679
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SIDERÚRGICOS COMO ELEMENTO BASE EN RESTAURACIÓN AMBIENTAL.....	689
CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE PASIVOS MINEROS EN ZONAS ALEDAÑAS A QDA. DEL ARROYO EL CARRIZAL, SAN JUAN, ARGENTINA	701
COMPORTAMIENTO TRIBOLÓGICO DE LÍQUIDOS IÓNICOS BIODEGRADABLES SINTETIZADOS A PARTIR DE LOS ÁCIDOS GRASOS HEXANOICO, ESTEÁRICO Y OLEICO.....	711
CURVAS DE CALIDAD DE ESTACIÓN PARA LOS HAYEDOS ASTURLEONESES.....	719
DISEÑO DE ANTENA REFLECTARRAY PARA SMALLSATS.....	727
DISEÑO ÓPTIMO BASADO EN LA RELACIÓN COSTO-ENERGÍA PARA REFLECTORES LINEALES FRESNEL DE PEQUEÑO TAMAÑO.....	737
ELÉCTRONICA DE POTENCIA AVANZADA PARA EL RETO DE LA ELECTRIFICACIÓN DE AERONAVES.....	747
EMPLEO DE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN PARA LA MONITORIZACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS	755
ESTABILIZACIÓN IN SITU DE RESIDUOS MINEROS MEDIANTE NATURE-BASED SOLUTIONS.....	763

ESTUDIO DEL POTENCIAL APROVECHAMIENTO TÉRMICO DE LAS CUNETAS VERDES PARA EL AHORRO ENERGÉTICO Y GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA DE LLUVIA.....	767
ESTUDIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE UN PASIVO AMBIENTAL DE MINA LA ESTANCIA (ARGENTINA)	773
INTEGRACIÓN DE SENSORES CIS EN MÁQUINAS DE FABRICACIÓN ADITIVA	779
INTEGRACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA Y LA ENERGIA SOLAR EN LAS CUENCAS MINERAS DE ESPAÑA.....	787
INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTAS DE REGENERACIÓN DE ESPACIOS DEGRADADOS EN LAS CUENCAS MINERAS DEL ÁREA CENTRAL DE ASTURIAS.	795
MEJORA DE SOPORTES DE SOLDADURA MEDIANTE ANÁLISIS DE DISTORSIONES POR ELEMENTOS FINITOS EN COMPONENTES DE LA CÁMARA DE VACÍO DE ITER	801
METODOLOGÍA DE SEGUIMIENTO EN LA IMPLANTACIÓN DE ESTRUCTURAS ORGANIZATIVAS EXPONENCIALES A PARTIR DE LA CARTERA DE PROYECTOS	809
MINERALES DENSOS Y SU COMPOSICIÓN EN ELEMENTOS TRAZA: ALGUNAS APORTACIONES SOBRE LAS PRINCIPALES CUENCAS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS	819
NUEVAS TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE NANOMATERIALES CON OTRAS TECNOLOGÍAS	827
PLANIFICACIÓN ÓPTIMA DE LA PRODUCCIÓN DE ACERÍA MEDIANTE TÉCNICAS HÍBRIDAS.....	833
PROCEDIMIENTOS PARA LA DETECCIÓN, ANÁLISIS, PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA POR INCRUSTACIONES EN EL PUERTO DE GIJÓN.....	843
REGLAS DE AGREGACIÓN DE RANKINGS PARA REDUCIR EL IMPACTO DE LA DISTANCIA EN MÉTODOS DE CLUSTERING	851
SIMULACIÓN DEL ÍNDICE DE TRABAJO EN LA MOLIENDA. APLICACIÓN DEL MODELO CINÉTICO ACUMULATIVO.....	859
SISTEMA DISTRIBUIDO PARA LA MONITORIZACIÓN Y ANÁLISIS DE DINÁMICAS DE GRUPO	869

DISEÑO ÓPTIMO BASADO EN LA RELACIÓN COSTO-ENERGÍA PARA REFLECTORES LINEALES FRESNEL DE PEQUEÑO TAMAÑO

INGENIERÍA ELÉCTRICA

Bayón Cueli, Covadonga¹, Barbón, Arsenio², Fernández Rubiera, José A.³

¹ *Universidad de Oviedo, España*

e-mail: uo229809@uniovi.es, España

^{2,3} *Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Oviedo, España*

² *e-mail: barbon@uniovi.es, España*

³ *e-mail: fernandezrjose@uniovi.es, España*

Resumen: Este trabajo propone una nueva metodología para determinar los parámetros geométricos y la distribución óptima de reflectores lineales Fresnel de pequeño tamaño en cubiertas planas o terrazas de edificios urbanos. Este problema de ingeniería es altamente complicado pues involucra 21 variables y frente a las limitaciones de los estudios actuales disponibles en la literatura nuestro método proporciona una solución global. El algoritmo consta de varias etapas, en las cuales utiliza diversas funcional objetivo como la maximización del área ocupada en la terraza, la minimización del costo o la minimización de las pérdidas. La solución obtenida consigue como objetivo final la maximización de la energía anual para el problema planteado.

Palabras clave: Reflectores lineales Fresnel; Diseño óptimo; Coste-Energía.

Title: OPTIMAL COST-ENERGY DESIGN FOR SMALL-SIZE FRESNEL LINEAR REFLECTORS

Abstract: This work proposes a new methodology to determine the geometric parameters and the optimal distribution of small scale linear Fresnel reflectors on flat roofs or terraces of urban buildings. This engineering problem is highly complicated as it involves 21 variables and, given the limitations of the current studies available in the literature, our method provides a global solution. The algorithm consists of several stages, in which it uses various objective functions such as maximizing the occupied area on the terrace, minimizing cost or minimizing losses. The solution obtained achieves the ultimate goal of maximizing the annual energy for the problem posed.

Keywords: Linear Fresnel reflectors; Optimal design; Cost-Energy.

JEL Classification: C61, Q20, Q40.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Este trabajo propone una nueva metodología para determinar los parámetros geométricos y la distribución óptima de reflectores lineales Fresnel de pequeño tamaño (en lo sucesivo SSLFR, del término en inglés: small scale linear Fresnel reflectors) en cubiertas planas o terrazas de edificios urbanos.

Este problema de ingeniería debe contextualizarse dentro de la legislación europea pertinente. La legislación europea exige que los nuevos edificios obtengan parte de la energía necesaria para el servicio de agua caliente mediante el uso de energía solar. Por un lado, la Directiva 2010/31/CE, EU (2010) implementa la promoción del uso de energía de fuentes renovables. Por otro lado, la Comisión de Comunicación estableció un marco político para el clima y la energía en el período 2020-2030, EU (2014). Y por último la Directiva 2018/2001/CE, EU (2018) establece numerosos requisitos relativos al uso de energía renovable en edificios nuevos y renovados. Además, recordemos que la superficie de instalación de un SSLFR es un parámetro crítico cuando se trabaja en tejados, al contrario de lo que ocurre cuando se trabaja con Energía Solar Concentrada.

La complejidad de los entornos urbanos actuales afecta en gran medida a la accesibilidad de la energía solar en los edificios. Las azoteas de los edificios urbanos son una ubicación lógica para las tecnologías termo solares, ya que reduce la posibilidad de sombreado por edificios adyacentes, vegetación u otras fuentes de sombra. Sin embargo, es también una localización complicada debido a las restricciones creadas por las diversas tipologías de la construcción, la orientación, la inclinación, la ubicación, el sombreado y los diversos componentes del edificio presentes en las azoteas (chimeneas, salas de máquinas de ascensores, ventiladores y conductos de ventilación). En este contexto, el área de terraza disponible se ha identificado como uno de los principales factores limitantes para lograr edificios de energía cero, especialmente para los más altos.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Esta sección describe el problema de ingeniería para determinar los parámetros geométricos y el número y posición de SSLFR para su instalación en cubiertas planas de edificios urbanos.

Un SSLFR consiste en varias filas paralelas de espejos planos que constituyen el sistema reflector primario, las cuales siguen el movimiento diario del sol a lo largo de un solo eje gracias a un sistema de transmisión y a un sistema de seguimiento. De esta forma concentra la radiación solar directa en la línea focal de un tubo absorbedor incluido en el sistema reflector secundario. El sistema reflector secundario está compuesto por el tubo absorbedor, la cavidad receptora, el aislamiento y la cubierta de vidrio. La energía solar concentrada se transfiere a través del tubo absorbente a un fluido térmico capaz de mantener el estado líquido a altas temperaturas. El sistema reflector secundario se encuentra a una altura adecuada sobre el sistema reflector primario. Las filas de espejos están montadas en una estructura móvil que permite mantenerlas

con una cierta inclinación longitudinal con respecto al plano horizontal. La estructura fija soporta la estructura móvil y el sistema reflector secundario.

Los principales parámetros geométricos que definen el SSLFR se enumeran en la Tabla 1 y se muestran en la Figura 1. Remitimos al lector a los trabajos de Barbón et al. (2016a) y (2016b) para una mejor comprensión. Además de estos parámetros intrínsecos a los SSLFR, es necesario tener en cuenta los parámetros intrínsecos a la cubierta plana y los parámetros que afectan a ambos. Los principales parámetros geométricos que definen la terraza o cubierta plana se enumeran en la Tabla 2.

Tabla 1. Principales parámetros geométricos de un SSLFR.

Parámetro		Parámetro	
n	nº de espejos a cada lado del central	β_M	Ángulo entre campo espejos y horizontal
W_M	Ancho del espejo	β_a	Ángulo entre el tubo y la horizontal
d	Separación entre dos espejos	L_M	Longitud del espejo
D	Diámetro del tubo absorbedor	L_a	Longitud total del tubo absorbedor
f	Altura del receptor	L_a^l	Longitud izquierda del tubo absorbedor
		L_a^r	Longitud derecha del tubo absorbedor

Tabla 2. Principales parámetros geométricos que definen la terraza.

Parámetros	
A_r	Área de terraza disponible
a	Longitud del área de terraza disponible
b	Ancho del área de terraza disponible
H_r	Altura de terraza disponible
F_r	Forma de la terraza
O_r	Orientación de la terraza

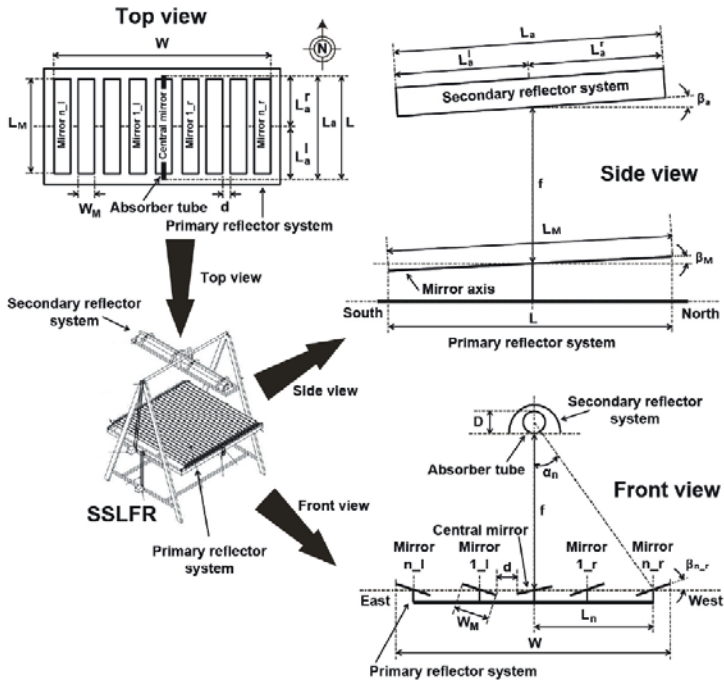


Figura 1. SSLFR: Vista frontal, longitudinal y en planta.

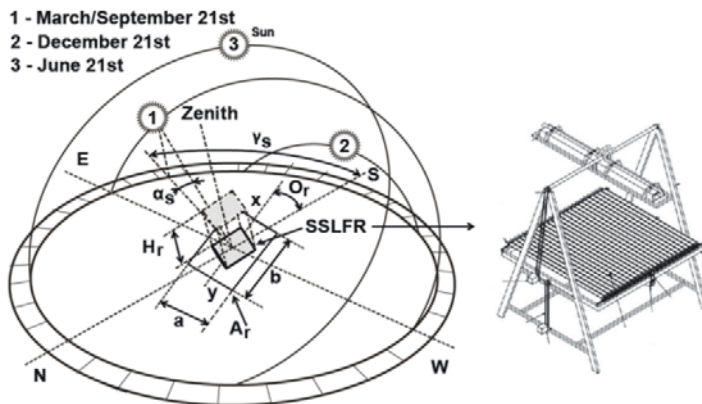


Figura 2. Parámetros geométricos que definen la terraza.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: METODOLOGÍA PROPUESTA

Como ya dijimos este trabajo propone una nueva metodología, basada en 5 pasos, para identificar el número, posición y parámetros geométricos de los SSLFRs para minimizar el costo y maximizar la energía absorbida. En la Figura 3 se muestra un diagrama de bloques general que describe la metodología propuesta.

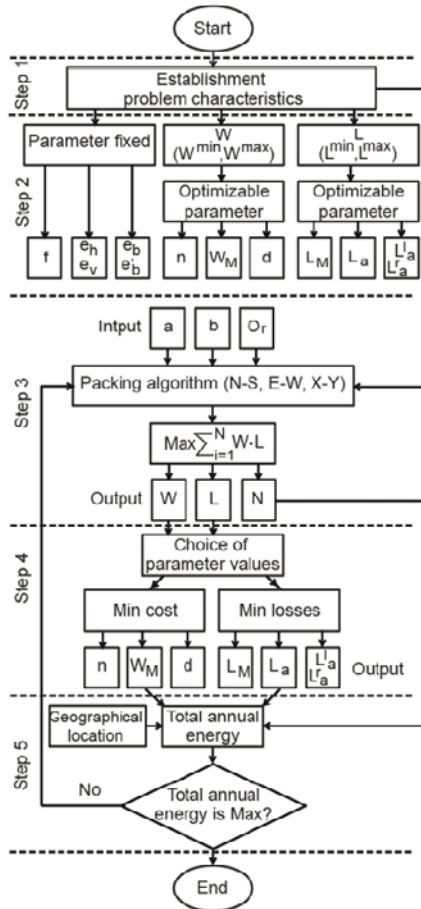


Figura 3. Diagrama de bloques de la metodología propuesta.

Presentamos a continuación los 5 pasos de la metodología.

- El primer paso consiste en establecer las características del problema y las restricciones que se deben cumplir a la hora de diseñar el sistema de SSLFRs.

- El segundo paso del algoritmo consiste en un análisis paramétrico. Con él se pretende definir todas las variables del problema, y estudiar cuáles pueden ser acotadas y cuáles son sus cotas.
- El tercer paso estudia y compara una serie de algoritmos de empaquetamiento. Entre tres candidatos buscaremos aquel que cumpla con las restricciones que se vieron en el paso anterior y que, fundamentalmente, maximice el área total de espejos.
- En el cuarto paso se escogerán los valores de ciertos parámetros del SSLFR con el objetivo de que se minimice el coste total del sistema y se minimicen las pérdidas longitudinales.
- El quinto paso de esta metodología consistirá en verificar que tanto el algoritmo escogido como los parámetros fijados son los óptimos en cuestiones de maximización de la energía total anual absorbida y minimización del coste de fabricación.

Paso 1: Características del problema

El problema que se plantea tiene las siguientes características:

Se dispone de una única terraza que tiene largo y ancho fijos y conocidos. Dicha terraza es rectangular o cuadrada. La terraza puede tener cierto ángulo de orientación con respecto a la dirección Norte-Sur geográfica. Se dispone de una serie de SSLFRs idénticos, cuyas dimensiones no son fijas, pero sí acotadas entre cotas superiores e inferiores. Todos los SSLFRs son rectangulares o cuadrados. Tanto el SSLFR como el tubo absorbedor deberán estar alineados en la dirección Norte-Sur. Se debe disponer de un espaciado mínimo entre SSLFRs para tareas de mantenimiento y para evitar efectos de sombreado entre SSLFRs contiguos. Se debe dejar a su vez un espaciado mínimo entre los SSLFRs y los bordes del tejado para tareas de mantenimiento.

Paso 2: Análisis paramétrico

El volumen ocupado por cada SSLFR se puede definir mediante los parámetros: n , W_M , d , f , L_M , L_a , L_a^l , y L_a^r .

Paso 3: Maximización del área total de espejos

En el paso 3 estudiamos tres algoritmos de empaquetamiento desarrollados por Barbón et al. (2018) que consiguen maximizar el área de espejos a instalar. Los algoritmos estudiados resuelven un problema de empaquetado de rectángulos (o cuadrados) idénticos en dos dimensiones, dentro de un recinto de área fija y conocida, cuya finalidad es maximizar el área total de espejos instalada. Los algoritmos que se han diseñado para el estudio son: (I) Alineación N-S, (II) Alineación E-W y (III) Alineación X-Y. Para elegir el mejor algoritmo utilizaremos un parámetro que representa el área total del campo de espejos dividida por el área total de la terraza:

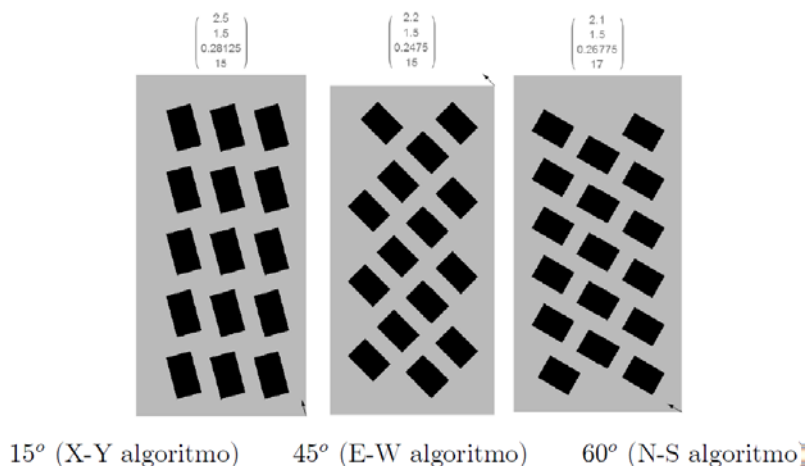


Figura 4. Algoritmos de empaquetamiento.

A modo de ejemplo, la Figura 4 muestra los valores obtenidos con Mathematica™ para una terraza de dimensiones $a \times b = 20 \times 10$ (m²), con tres ángulos de orientación y tres algoritmos: 15° (algoritmo XY), 45° (algoritmo EW), y 60° (algoritmo NS). En esta figura, se pueden identificar los diferentes componentes de la salida del algoritmo: el ancho del reflector W , la longitud del reflector L y el número N de SSLFR a instalar. Los resultados muestran que no existe un algoritmo “ganador”, ya que los mejores resultados se obtienen utilizando diferentes algoritmos dependiendo de las dimensiones y la orientación de la terraza.

Paso 4: Elección de los valores de los parámetros

El procedimiento de dimensionamiento se realiza buscando los parámetros del SSLFR que cumplan con los valores óptimos de W y L obtenidos en el paso anterior, y que permitan que la configuración del SSLFR tenga el mínimo coste de fabricación y minimicen las pérdidas laterales. Estos estudios se desarrollan en dos etapas.

4.1. Parámetros n , W_M , y d : minimización del coste

La función de costo mínimo se obtiene de los parámetros de costo del ejemplo propuesto en Barbón et al. (2019) y que nos dan el coste C en función de las variables independientes W_M y n . El problema consiste en la minimización de una función no lineal de dos variables, $C(W_M, n)$, relacionadas por una restricción de igualdad no lineal, y con restricciones de desigualdad fijadas por los valores mínimo y máximo de W_M y n . Finalmente, una de las variables, W_M es continua (es decir, sus valores son números reales) pero la otra, n , el número de espejos, es discreta. En resumen, el problema de optimización es un problema de programación no lineal entero-mixta (MINLP). En nuestro caso, como buscamos una optimización global hemos decidido utilizar las condiciones de Karush-Kuhn-Tucker (KKT). Los resultados se han obtenido utilizando el software comercial Mathematica™.

La Figura 5 muestra las curvas de nivel de la función $C(W_M, n)$, la curva que representa la restricción de igualdad y las restricciones de caja para las variables independientes.

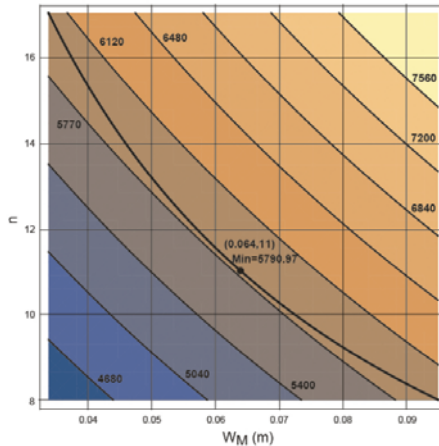


Figura 5. Minimización del costo: problema MINLP.

4.2. Parámetros L_M , L_a , L_a^l y L_a^r : minimización de las pérdidas

Por último, para la determinación los valores óptimos de los parámetros L_M , L_a , L_a^l y L_a^r , se utiliza el algoritmo propuesto por Barbón et al. (2016b). Este algoritmo permite la optimización de la posición y la longitud del tubo absorbedor en función del diseño longitudinal, buscando minimizar las pérdidas end-loss y las pérdidas de luz reflejada fuera del tubo. Se analizaron varias configuraciones y de todas ellas, la más prometedora en función de la Energía, Coste primario y EAR (ratio entre Energía y área ocupada) es la llamada C_2 , en la cual tanto la estructura móvil como el sistema reflector secundario están dotados de movimiento y sus ángulos respectivos β_M y β_a toman el valor de la mitad del ángulo azimutal solar θ_z . Esta configuración C_2 tiene una característica que la hace muy especial: los rayos reflejados por los espejos en la dirección longitudinal son siempre verticales en cualquier momento del día. Además al ser los dos ángulos de inclinación longitudinal iguales, el tubo absorbedor es de la misma longitud que los espejos y está situado centrado sobre ellos. Esto hace que su diseño sea muy compacto, dato muy importante a la hora de situar (empaquetar) muchas unidades de SSLFR en una terraza.

Paso 5: Verificación de los parámetros

Una vez analizadas todas las combinaciones de parámetros del SSLFR y halladas las dimensiones óptimas tal como se ha visto en los puntos anteriores, en este último paso se calcula la energía total anual que se obtiene con esa configuración. El objetivo fue comprobar que efectivamente, la combinación elegida es la que proporciona mayor energía entre todas las posibles y para ello hemos utilizado un procedimiento de enumeración total o “fuerza bruta”.

AVANCES Y CONCLUSIONES

En este trabajo presentamos el esquema general de una nueva metodología para el diseño integral de varios SSLFRs en terrazas de edificios. En primer lugar, comprobamos que a la hora de distribuir varios SSLFRs en una terraza, los 3 algoritmos deben ser estudiados pues el algoritmo que proporciona la mejor solución depende de las características del problema. Una vez obtenidos W y L , para el diseño de cada uno de los SSLFR, se utilizaron dos algoritmos. El primero para optimizar la posición y la longitud del tubo minimizando las pérdidas end-loss y de luz reflejada. La configuración C_2 fue la elegida por lo compacto del diseño, aspecto fundamental a la hora de empaquetar varios SSLFR. El segundo algoritmo minimiza el costo total, obteniendo W_M y n . Por último, se realizó la verificación de la solución obtenida, comprobando que es la que proporciona la mayor cantidad de energía anual total. Esta comunicación está basada en el trabajo recientemente publicado por Bayón-Cueli et al. (2020).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbón, A.; Barbón, N.; Bayón, L. y Otero, J.A. (2016). Theoretical elements for the design of a small-scale linear Fresnel reflector: Frontal and lateral views, *Solar Energy*, vol. 132, pp. 188-202.

Barbón, A.; Barbón, N.; Bayón, L. y Otero, J.A. (2016). Optimization of the length and position of the absorber tube in small-scale Linear Fresnel Concentrators, *Renewable Energy*, vol. 99, pp. 986-995.

Barbón, A.; Barbón, N.; Bayón, L. y Sánchez-Rodríguez, J.A. (2018). Optimization of the distribution of small-scale linear Fresnel reflectors on roofs of urban buildings, *Applied Mathematical Modelling*, vol. 59, pp. 233-250.

Barbón, A.; Sánchez-Rodríguez, J.A.; Bayón, L. y Bayón-Cueli, C. (2019). Cost estimation relationships of a small-scale linear Fresnel reflector, *Renewable Energy*, vol. 134, pp. 1273-1284.

Bayón-Cueli, C.; Barbón, A.; Bayón, L. y Barbón, N. (2020). A cost-energy based methodology for small-scale linear Fresnel reflectors on flat roofs of urban buildings. *Renewable Energy*, vol. 146, pp. 944-959.

EU (2010). Directive 2010/31/EC. On the Energy Performance of Buildings, 2010.

EU (2014). European Commission, A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030, 2014.

EU (2018). Directive 2018/2001/EC, 2018. On the promotion of the use of energy from renewable sources.

