

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año **1. Datos generales del Proyecto**

Código del proyecto: 71152			
Título del proyecto: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES OPTOELECTRONICAS DE PELICULAS DELGADAS DE CdS Y DOPADAS PARA APLICACIONES EN CELDAS SOLARES			
Facultad o Instituto Académico:		Facultad de Ciencias Naturales y Exactas	
Departamento o Escuela:		Física	
Grupo (s) de investigación: Transiciones de Fase y Materiales Funcionales (GTF)			
Entidades: Universidad del Valle			
Palabras claves: Dopaje Al, CdS, Semiconductor, Películas delgadas, Propiedades fisicoquímicas			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Edgar E. Mosquera Vargas	10 h/s	10 h/s
Coinvestigadores	Eval José María Baca Miranda	5 h/s	5 h/s
	Luis Alfredo Rodríguez	5 h/s	5 h/s
	Jesús Evelio Diosa Astaiza	5 h/s	5 h/s
Otros participantes	Daniela Herrera Molina (Estudiante/maestría)	20 h/s	20 h/s
	Angelica María Domínguez Vélez (Estudiante de pregrado)	10 h/s	10 h/s
	Neida Lizet Cerón Urbano (Estudiante de Doctorado)	10 h/s	10 h/s

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

2. Resumen ejecutivo: Se espera que describa el proyecto, planteamiento del problema, objetivos, metodología, principales resultados obtenidos y las conclusiones. La extensión debe ser de máximo de 500 palabras (en español y en inglés).

En la ejecución del proyecto se estudiaron las propiedades estructurales, morfológicas, vibracionales y ópticas de las películas delgadas de CdS:Al con relación molar $[Al]/[Cd] = 0.00, 0.25, 0.30, 0.35, 0.35, 0.45, 0.50$, respectivamente. Estas fueron fabricadas a partir de la técnica de deposición de baño químico (CBD – siglas en inglés). La técnica CBD destaca por su simplicidad, bajo costo y fácil escalabilidad. De acuerdo con la situación que se vive debido a la pandemia -COVID 19, algunas medidas experimentales (ver reporte febrero y julio 2020) han sido afectadas por el no acceso al laboratorio -UV. Sin embargo, se ha venido trabajando en el análisis de los resultados obtenidos. Además, un estudio de análisis numérico se ha propuesto usando teoría funcional de la densidad (DFT – siglas en inglés) para obtener la estructura de banda, su densidad de carga y densidad de estados de al menos la estructura de CdS y posteriormente a las estructuras dopadas (Tesis Daniela Herrera Molina- Maestría en Física). De los resultados obtenidos por difracción de rayos-X (XRD – siglas en inglés), las películas delgadas de CdS y CdS:Al presentan una estructura hexagonal (wurtzita) con orientación preferencial (002). Además, el tamaño de cristalito fue estimado para cada muestra. El estudio morfológico por microscopia de fuerza atómica (AFM- siglas en inglés) mostro cambios en su estructura granular con el incremento del contenido del dopante. Un detallado estudio fue llevado a cabo con espectroscopia Raman, donde los modos vibracionales 1LO y 2LO fueron observados confirmando la estructura reportada por XRD. Medidas de Transmitancia, reflectancia, índice de refracción, y coeficiente de extinción fue llevado a cabo para estudiar las propiedades ópticas de las películas bajo el dopaje de aluminio. La brecha de banda incrementa de 2.3 a 2.6 eV con el incremento del dopaje. Aquí podemos afirmar que el dopaje con aluminio claramente afecta las propiedades ópticas y fotoluminiscentes de las películas delgadas de CdS. Como futuros estudios es continuar con el análisis numérico, así como dopar con otros elementos (In, Ga, etc) y estudiar sus propiedades para ventanas en celdas solares de segunda generación.

El proyecto ha sido realizado en el Grupo de Transiciones de Fase y Materiales Funcionales bajo mi dirección y en colaboración con el Dr. Arturo Fernández-Pérez de la Universidad del Bio-Bio (Concepción, Chile) donde se fabricaron las muestras (caracterización por AFM y UV-Vis). Los análisis de resultados han sido llevados a cabo junto con los investigadores de la Universidad del Valle y la Universidad del Bio-Bio asociados al proyecto.

El proyecto contribuyó con el desarrollo de capacidades científicas nacional e internacional relacionado al tema de investigación. Se está desarrollando una (1) tesis de maestría y se vinculó dos (2) estudiantes de pregrado/doctorado para el desarrollo de un estudio del arte para este tipo de material y su potencial uso en celdas fotovoltaicas de segunda generación. Los resultados han sido divulgados en eventos científicos nacionales e internacionales. Se publicó un (1) artículo de datos y sometido recientemente un (1) artículo completo de los resultados experimentales obtenidos.

Abstract

During the project, the structural, morphological, vibrational, and optical properties of CdS:Al thin films, with molar ratios in solution $[Al]/[Cd] = 0.00, 0.25, 0.30, 0.35, 0.35, 0.45, 0.50$, respectively, were studied. The samples were prepared by chemical bath deposition (CBD) technique. The CBD technique stand out for its simplicity, low cost, and easy scalability. According to the situation that exists due to the pandemic COVID 19, some experimental characterization (see report February and July 2020) have been affected by lack of access to the UV laboratories. However, work has been done to analyze the results obtained. Furthermore, a numerical analysis study has been proposed using density functional theory (DFT) to obtain the band structure, charge density, and state density of at least the CdS structure and subsequently to the doped structures. doped (Thesis: Daniela Herrera Molina- master's in physics). From the results obtained by X-ray diffraction (XRD), the thin films of CdS and CdS:Al have a hexagonal structure (wurtzite) with preferential orientation (002). In addition, the crystallite size was estimated for each sample. The morphological study by atomic force microscopy (AFM) showed changes in its granular structure with the increase of the aluminum. A detailed study was carried out with Raman spectroscopy, where the vibrational modes 1LO and 2LO were observed confirming the structure reported by XRD. Measurements of transmittance, reflectance, refractive index, and extinction coefficient were carried out to study the optical properties of the films under aluminum doping. The bandgap increases from 2.3 to 2.6 eV with increasing doping. Here we can affirm that aluminum doping clearly affects the optical and photoluminescent properties of CdS thin films. As future studies, it is to continue with the numerical analysis, as well as doping with other elements (In, Ga, etc.) and study their properties for windows applications in second generation solar cells.

The project has been carried out in the Phase Transitions and Functional Materials Group under my direction and in collaboration with Dr. Arturo Fernández-Pérez from the Universidad del Bio-Bio (Concepción, Chile) where the samples were fabricated and characterized by AFM and UV-Vis. The analysis of the results has been carried out together with the researchers associated with the project from the Universidad del Valle and the Universidad del Bio-Bio.

The project contributed to the development of national and international scientific capacities related to the research topic. One (1) master's thesis is being developed and two (2) undergraduate/doctoral students joined for the development of an art study related to this type of material and its potential use in second-generation photovoltaic cells. The results have been disclosed at national and international scientific events. One (1) data article was published and one (1) complete article of the experimental results obtained recently submitted.

3. Síntesis del proyecto:

En una extensión máxima de 5 páginas, se debe mostrar el cumplimiento de los objetivos del proyecto y debe incluir:

Tema: Estudio de las propiedades optoelectrónicas de películas delgadas de CdS y dopadas para aplicaciones en celdas solares.

Objetivo general

Estudiar las propiedades ópticas, eléctricas y/o fotoconductoras de las películas delgadas de CdS y dopadas con Al obtenidas a través de la técnica CBD.

Objetivos específicos

1. Estudiar las propiedades estructurales, ópticas y/o fotoconductoras de las películas de CdS obtenidas por la técnica de CBD.
2. Estudiar las propiedades eléctricas (resistividad, corriente-voltaje, movilidad electrónica, etc.) en función de la temperatura.
3. Relacionar las propiedades ópticas y eléctricas con su estructura cristalina.
4. Analizar los resultados obtenidos para evaluar la potencialidad de las películas delgadas de CdS para su posible aplicación en celdas solares.

Metodología

Las muestras fueron preparadas por el método CBD implementado por el grupo de investigación del Dr. Arturo Fernández del Departamento de Física, Universidad del Bio Bio en Chile. El procedimiento para preparar las películas se basa en la mezcla de los siguientes reactivos: Cloruro de cadmio ($\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$, 98%, Sigma-Aldrich), Citrato de sodio ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$, 99%, Sigma-Aldrich), Hidróxido de potasio (KOH, 88%, J. T. Baker), Tiourea ($\text{CS}(\text{NH}_2)_2$, 99%, Sigma-Aldrich) y “pH 10 borate buffer”. Un dopaje *in situ* se realiza agregando Cloruro de aluminio ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 99%, Sigma-Aldrich) a la mezcla, con diferentes razones molares en solución, $R = [\text{Al}]/[\text{Cd}]$, donde la concentración de Cd permanece constante. El sustrato de vidrio fue previamente lavado con agua desionizada y secado a temperatura ambiente. Las películas son crecidas a una temperatura del baño de 70°C. Las películas fueron depositadas para cada valor de R colocando el sustrato verticalmente en el beaker de reacción y luego removido de la solución después de 120 min. El CBD produce películas delgadas de alta calidad a bajas temperaturas, presentando ventajas de bajo costo y reproducibilidad de las muestras. Las muestras fueron caracterizadas por diferentes técnicas experimentales: AFM, SEM/EDS, XRD, FTIR/RS, UV-Vis/DRS, fotoluminiscencia, con el fin de estudiar sus propiedades morfológicas, estructurales y ópticas.

Resultados obtenidos

La estructura cristalina de las películas delgadas se analizó por XRD. Las muestras presentan un

pico característico a $26.64^\circ \pm 0.02^\circ$, correspondiendo al plano (002) de la estructura hexagonal wurtzita de CdS. (ver **Figura 1**). No hay presencia de otra fase. Usando la fórmula de Scherrer's,

$$R_{hkl} = \frac{k\lambda}{\beta \cdot \cos\theta}, \text{ el tamaño del cristalito fue determinado, Tabla 1.}$$

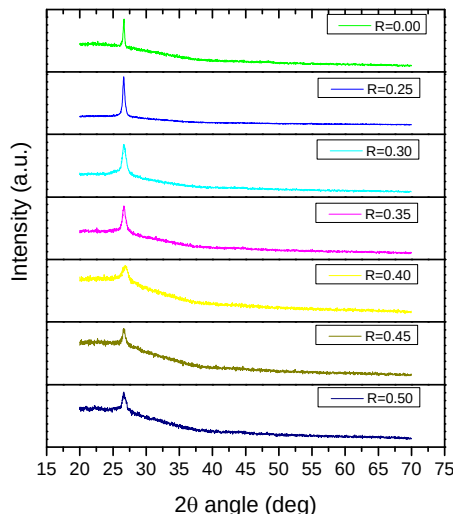


Tabla 1. Tamaño de cristalito y brecha de banda (E_g) de las películas delgadas de CdS:Al (*Ingeniería y Competitividad* 22 (2020) 8853)

Muestra	Tamaño del Cristalito (nm)	Brecha de banda (eV)
0.00	33.25(9)	2.38(6)
0.25	21.25(3)	2.52(8)
0.30	12.08(1)	2.55(7)
0.35	14.55(4)	2.58(6)
0.40	10.62(2)	2.58(3)
0.45	16.83(1)	2.55(6)
0.50	14.09(1)	2.55(2)

Figura 1. XRD de las muestras de CdS:Al (*Ingeniería y Competitividad* 22 (2020) 8853)

De la **Figura 1** y **Tabla 1** y **2** (**artículo publicado**, *Ingeniería y Competitividad* 22 (2020) 8853 - https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/8853/11349), se observa que el tamaño del cristalito disminuye con el contenido de aluminio (Al). También, se observa que la intensidad relativa del pico de Bragg debido al plano (002) decrece con el incremento del contenido de Al. Además, empleando AFM observamos que, para las muestras sin dopar, la distribución de granos es homogénea y uniforme sobre su superficie, en cambio para las muestras dopadas, la morfología superficial presenta un incremento en el tamaño de grano debido al incremento en el contenido de Al (**Figura 2**, **artículo sometido**, *Materials Science and Engineering: B*). Empleando espectroscopia vibracional Raman, se determino la estructura hexagonal de CdS, corroborando lo obtenido por XRD. Sin embargo, un detallado estudio fue realizado para determinar el efecto del contenido de Al en la estructura de CdS. Aquí se observó que la intensidad del modo vibracional 1LO decrece con la incorporación de Al. También, la espectroscopia Raman nos permitió identificar modos vibracional no observables, tales como procesos de multi-fonón siendo observados por dispersión Raman resonante. Llevando a cabo una deconvolución del modo 2LO fue posible llevar a cabo el estudio (**Figura 3**, **artículo sometido**).

MATERIALS SCIENCE & ENGINEERING

Solid-State Materials for Advanced Technology

**Editorial
Manager**

- [HOME](#)
- [LOGOUT](#)
- [HELP](#)
- [REGISTER](#)
- [UPDATE MY INFORMATION](#)
- [JOURNAL OVERVIEW](#)
- [MAIN MENU](#)
- [CONTACT US](#)
- [SUBMIT A MANUSCRIPT](#)
- [INSTRUCTIONS FOR AUTHORS](#)
- [PRIVACY](#)

Role: Author Username: ededmova@gmail.com

Submissions Being Processed for Author Edgar Mosquera-Vargas, Dr

Page: 1 of 1 (1 total submissions)
Display 10 results per page.

	Manuscript Number 	Title 	Initial Date Submitted 	Status Date 	Current Status
Action Links		Influence of aluminum doping on structural, morphological, vibrational, and optical properties of CdS thin films obtained by chemical bath deposition	03/01/2021	03/01/2021	Submitted to Journal

Page: 1 of 1 (1 total submissions)
Display 10 results per page.

Figure 2. Artículo sometido a la revista *Materials science & Engineering: B*, Elsevier.

Las propiedades ópticas tales como transmitancia, reflectancia, índice de refracción, y coeficiente de extinción de las películas delgadas fueron llevadas a cabo y estudiadas. Además, la brecha de banda de energía ha sido estimada para cada muestra (**Tabla 1**). Medidas de fotoluminiscencia han sido llevadas a cabo con la finalidad de estudiar defectos asociados durante el crecimiento y tratamiento térmico a las que fueron sometidas las películas delgadas.

Medidas de transmitancia muestran una transmisión por encima del 60 % para las películas delgadas. Además, el borde de absorción presenta un corrimiento al azul con el contenido de Al. Esto indica que una alta transmitancia podría deberse a una buena cristalización y homogeneidad estructural de las películas delgadas, en cambio una baja transmitancia puede deberse a dispersión de fotones debido a defectos del cristal. Por otro lado, el coeficiente de extinción, índice de refracción y el espesor de las películas fue determinado usando el software *Filmmeasure* el cual ajusta la transmitancia y reflectancia a un modelo de capa. Los datos obtenidos para el espesor e índice de refracción son reportados en la **Tabla 2**.

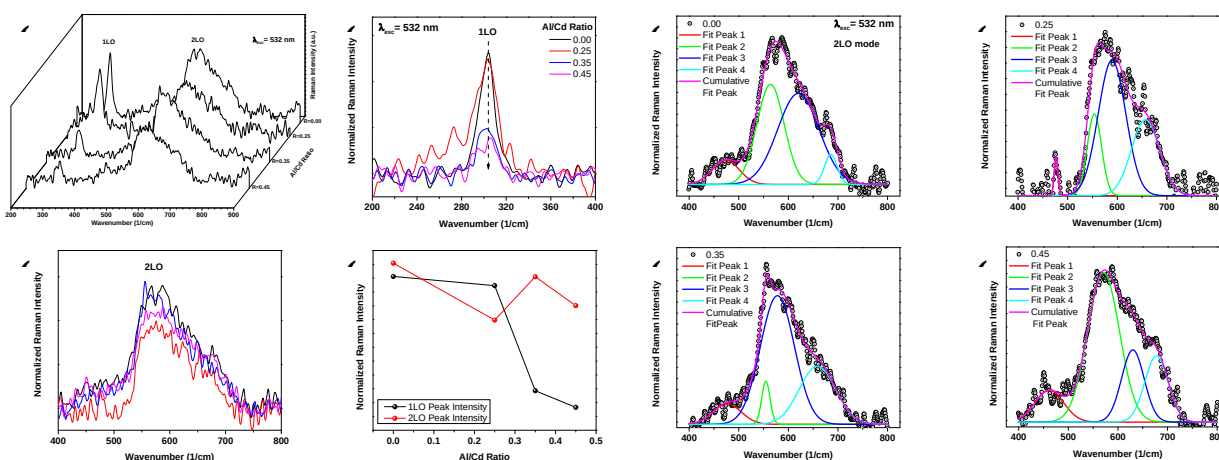


Figure 3. Medidas Raman de películas delgadas de CdS y CdS:Al usando un láser de 532-nm como fuente de luz incidente. Espectro Raman detallado para los modos vibracionales 1LO and 2LO. Intensidad Raman normalizada para los modos 1LO and 2LO *versus* razón [Al]/[Cd]. Ajuste del modo Raman 2LO para la razón [Al]/[Cd] de 0.00, 0.25, 0.35, y 0.45.

Medidas de fotoluminiscencia (FL, **Figura 4**) fue llevada a cabo para todas las muestras. Se empleo un ajuste de Lorentz a la muestra no dopada con la finalidad de determinar las emisiones características de las muestras. Las muestras presentan defectos en su estructura asociados a vacancias o intersticios en la red cristalina. Para las muestras dopadas la FL esta acompañada por una banda amarilla-roja el cual podría originarse de más de una emisión atribuido al contenido de Al. Esto claramente muestra que el dopaje afecta la propiedad FL de la estructura del CdS, siendo la emisión amarilla-roja atribuida a recombinación vía estados localizados de superficie y/o procesos no radiativos inducido por el dopaje de Al.

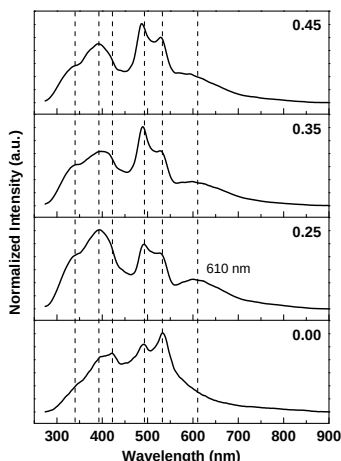


Tabla 2. Índice de refracción y espesor de algunas películas delgadas de CdS:Al

Muestra $R = [Al]/[Cd]$	Espesor (nm)	Índice de refracción
0.00	109	1.9(3)
0.25	238	2.7(7)
0.35	204	2.3(9)
0.45	201	2.0(8)

Figura 4. Normalizada FL de las muestras excitada a 250 nm

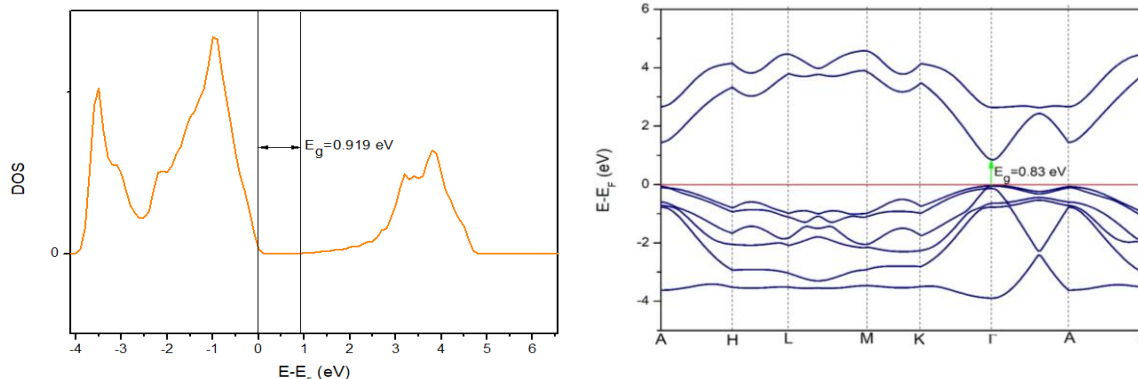


Figura 5. DOS y estructura de banda para la celda unitaria del CdS hexagonal

De acuerdo con la situación actual debido a la pandemia -COVID 19, algunas medidas experimentales (**ver reporte febrero y julio 2020**) fueron afectadas por el no acceso al laboratorio -UV. Sin embargo, se procedió a realizar estudios numéricos DFT (Estudiante Daniela Herrera – Tesis de maestría) así como el análisis de los resultados obtenidos previo a la pandemia. Sin embargo, se investigará la estructura electrónica del material optimizando los parámetros para el cálculo DFT. Resultados preliminares han sido socializados con el Dr. Juan López – profesor de la Universidad de Puerto Rico, Cayey, con el fin de mejorar los resultados obtenidos. Medidas de la variación de energía total, optimización de los parámetros de red, la densidad de estados (DOS) y la estructura de banda del CdS están siendo estudiados (**Figura 5**).

La estructura de banda para el CdS de la celda unitaria muestra una brecha de energía de 0.83 eV. Sin embargo, un mejor modelo (debido a las limitaciones de DFT) se está desarrollando con el fin de correlacionar los resultados con los obtenidos experimentalmente, 2.4 eV, respectivamente

Principales conclusiones y/o recomendaciones

Películas delgadas de CdS y CdS dopado con Al con fase hexagonal fueron depositadas mediante la técnica de CBD sobre un sustrato de vidrio. No se observó ninguna otra fase. Además, la incorporación de átomos de aluminio provoca una disminución en la distancia interplanar y en el tamaño del cristalito en la red de CdS. El análisis AFM muestra que la rugosidad de la superficie cambia al aumentar la concentración de dopante. Los modos de fonón óptico longitudinal de primer orden y segundo orden de la estructura de h-CdS se observan en todas las películas delgadas. La dispersión Raman nos permitió detectar la dispersión de múltiples fonones con sus réplicas. Sin embargo, las propiedades ópticas del CdS dopado con Al se mejoran para aplicaciones optoelectrónicas. Estudio numérico se está realizando con el objetivo de entender las propiedades del material en bloque y así llevar el estudio al dopaje con Al.

Impactos actual o potencial:

Haga una descripción y/o relacione los impactos que tenga el proyecto en los diferentes ámbitos:
Académico (aportes a la docencia, aportes a la formación de recursos humanos)
Investigativo (divulgación de resultados)
Desarrollos futuros

Si posee información acerca de los impactos actuales o potenciales de la investigación, preséntela en máximo una página. Se refiere a los aportes que ofrece en el campo de investigación al que corresponde. Incluye las tecnologías y resultados de IDi que puedan transferirse a los sectores productivos y de servicios, tanto nacionales como internacionales.

El principal impacto académico del proyecto es la vinculación de la estudiante Daniela Herrera Molina, quien al terminar su pregrado fue vinculada al programa de maestría en Física. Daniela ha venido llevando a cabo su proyecto de tesis en este tema y es quien ha caracterizado las muestras. En estos momentos ella esta realizando los estudios de análisis numérico. En cuanto a la investigación, el proyecto aporta al estudio de ventanas para celdas solares de segunda generación y es una línea de investigación del Grupo de Transiciones de Fase y Materiales Funcionales (GTF) adscrito al Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM), el cual está desarrollado un proyecto de regalías en celdas solares. Parte de los resultados se publicaron en una revista nacional (*Ingeniería y competitividad* – Facultad de Ingeniería de la UV) como un artículo de datos y se ha sometido a evaluación un segundo manuscrito a la revista internacional *Materials Science & Engineering: B* - Elsevier. Respecto a los resultados numéricos, se espera realizar un tercer manuscrito en colaboración con el Prof. Juan López de la Universidad de Puerto Rico-Cayey. Se espera, la sustentación de la tesis de maestría de Daniela Herrera Molina para el II-2021. Los resultados han sido socializados en eventos nacionales e internacionales. Los productos han sido reportados previamente (Ver informes con fechas de julio 2019, febrero 2020, y julio 2020).

5. Productos:

Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:	Q1 / Q2		Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
	1				1 sometido			
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
								1 publicad
Libros de autor que publiquen resultados de investigación								
Capítulos en libros que publican resultados de investigación								
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados								
☐ Prototipos y patentes								
☐ Software								
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial								
Normas basadas en resultados de investigación								
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados		No. de tesis		No. De estudiantes Vinculados		No. De tesis	
Estudiantes de pregrado	1		0		1		0	
Semillero de Investigación	0		0		0		0	

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Estudiantes de maestría	0	0	1	1 en proceso
Estudiantes de doctorado	0	0	0	0
Joven investigador	0	0	0	0
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				

Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
	1	1	1	3
Propuesta de investigación				
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	0		0	

Tabla No. 2. Detalle de productos

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a este formato encontrará el instructivo para la revisión de informes finales y productos

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	Ingeniería y Competitividad. (Año 2020). Vol: 22(1). Núm: 8853. Págs: 1 - 4
Nombre Particular:	Data from the study of CdS:Al thin films grown by the method of chemical bath deposition after aging
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali. 1er semestre 2020
Participantes:	Edgar Mosquera, Jesús Diosa, Arturo Fernández-Pérez

Sitio de información:	ISSN 20278284,01233033 Instituciones editoras: UNIVERSIDAD DEL VALLE Ciudad Universitaria Meléndez - Calle 13 No. 100 - 00 Edificio 331 Torre de Ingeniería - 5° piso 57(2) 3393195 inycompe@correounivalle.edu.co https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad
Formas organizativas:	Universidad del Valle, Departamento de Física & Centro de Excelencia en Nuevos Materiales, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Cali, Colombia Universidad del Bío-Bío, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Concepción, Chile.

Tipo de producto:	Artículo Sometido
Nombre General:	Journal of Material Science and Engineering B: Solid-State Materials for advances Technology (Año 2021). Vol.: Núm.: Págs:
Nombre Particular:	Influence of aluminum doping on structural, morphological, vibrational, and optical properties of CdS thin films obtained by chemical bath deposition
Ciudad y fechas:	Unit kingdom (Elsevier), 1 Marzo 2021
Participantes:	Daniela Herrera-Molina, Jesús E. Diosa, Arturo Fernández-Pérez, Edgar Mosquera-Vargas
Sitio de información:	ISSN 0921-5107 https://www.journals.elsevier.com/materials-science-and-engineering-b/
Formas organizativas:	Grupo de Transiciones de Fase y Materiales Funcionales, Departamento de Física, Universidad del Valle, Cali, Colombia Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM) Universidad del Valle, Cali, Colombia Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Bio-Bio, Callao 1202, Concepción, Chile

Tipo de producto:	Conferencia Internacional (Oral)
Nombre General:	XXVIII International Materials Research Congress
Nombre Particular:	Functional nanomaterials for energy conversion and storage and environmental applications

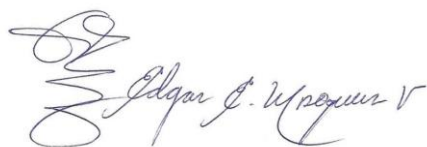
Ciudad y fechas:	Cancún, México Agosto 18-23, 2019
Participantes:	Edgar Mosquera
Sitio de información:	https://mrs-mexico.org.mx/imrc2019/ https://mrs-mexico.org.mx/imrc2019/docs/imrc2019-general-program.pdf
Formas organizativas:	Universidad del Valle, Departamento de Física & Centro de Excelencia en Nuevos Materiales, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Cali, Colombia

Tipo de producto:	Conferencia Nacional (Oral)
Nombre General:	XXVIII Congreso Nacional de Física
Nombre Particular:	Characterization of chemically-deposited aluminum-doped cadmium sulfide thin films (MS36-O Libro Abstract, pag 164)
Ciudad y fechas:	Armenia, Colombia Septiembre 9-12, 2019
Participantes:	Daniela Herrera, Eval Baca, Jesús E. Diosa, Edgar Mosquera
Sitio de información:	https://www.quindioconventionbureau.com/evento/xxviii-congreso-nacional-de-fisica-la-fisica-embebida-en-la-tabla-periodica/
Formas organizativas:	Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle Grupo de Transiciones de Fase y Sistemas no Metálicos (GTF) Grupo de Ingeniería de Nuevos Materiales (GINM) Centro de Excelencia en Nuevos Materiales (CENM)

Tipo de producto:	Conferencia Internacional (Online event, Poster)
Nombre General:	2020 Express Conference on the Physics of Materials and its Application in Energy and Environment (e-CPM2020)
Nombre Particular:	Characterization of chemically-deposited aluminum-doped cadmium sulfide thin films
Ciudad y fechas:	Antofagasta, Chile Agosto 17-19, 2020
Participantes:	Daniela Herrera Molina, Jeison López, Arturo Fernández-Pérez, Jesús E. Diosa, Edgar Mosquera

Sitio de información:	https://sites.google.com/view/e-cpm2020/home?authuser=0 https://e-cpm2020.blogspot.com/2020/08/poster-96.html https://sites.google.com/view/e-cpm2020/poster-section
Formas organizativas:	Departamento de Física & Centro de Excelencia en Nuevos Materiales, Universidad del Valle, Cali, Colombia Departamento de Física, Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ciencias, Concepción, Chile.

Tipo de producto:	Conferencia Internacional (Virtual evento, Oral)
Nombre General:	II Congreso Internacional de la Sociedad Dominicana de Física (CI-SoDoFi 2021)
Nombre Particular:	Characterization of chemically-deposited aluminum-doped cadmium sulfide thin films (061- Libro Abstract, pag 68)
Ciudad y fechas:	Santo Domingo, República Dominicana Enero 18-22, 2020
Participantes:	Daniela Herrera Molina, Jeison López, Arturo Fernández-Pérez, Jesús E. Diosa, Edgar Mosquera
Sitio de información:	https://www.sodofi.org/ci-sodofi/public/ https://www.sodofi.org/ci-sodofi/public/storage/CI-SoDoFi-2021-Programa-General.pdf , https://www.sodofi.org/ci-sodofi/public/storage/CI-SoDoFi-2021-Libro-Resumenes-Book-of-Abstracts.pdf
Formas organizativas:	Departamento de Física & Centro de Excelencia en Nuevos Materiales, Universidad del Valle, Cali, Colombia Departamento de Física, Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ciencias, Concepción, Chile.



Firma del investigador principal



VoBo. Vicedecano de Investigaciones

Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11, con espacios de 1 1/2