



The University of
Nottingham

UNITED KINGDOM • CHINA • MALAYSIA



Laboratorio de Multimedia y Vision

REACTIVIDAD A LA COMBUSTIÓN CARBÓN BIOMASA EN UNA CALDERA DE GENERACIÓN DE VAPOR A NIVEL INDUSTRIAL

Informe Final

UNIVERSIDAD DEL VALLE

CALI- COLOMBIA

Febrero 2020

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año

1. Datos generales del Proyecto

Código del proyecto: 2918			
Título del proyecto: REACTIVIDAD A LA COMBUSTIÓN CARBÓN BIOMASA EN UNA CALDERA DE GENERACIÓN DE VAPOR A NIVEL INDUSTRIAL			
Facultad o Instituto Académico: Ingeniería			
Departamento o Escuela: Escuela de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería de Sistemas			
Grupo (s) de investigación: 1) Ciencia y Tecnología del carbón 2) Multimedia y Visión			
Entidades: University of Nottingham, Servicio Geológico Colombiano, Ingenio Mayagüez			
Palabras claves: Combustión, carbón, bagazo, reactividad			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigadores Principal	Juan Manuel Barraza	4	4
	María Patricia Trujillo	4	4
Coinvestigadores	Juan Sebastián Guerrero	10	10
	Billy Rodríguez	4	4
	Edward Lester	2	2
	Gerardo Palencia	4	4
	Edward García	40	40
	Deysi Chaves	2	2

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.



Otros participantes	Lyna Sabogal	40	40
	Karol Giraldo	20	20
	Paola Giraldo	20	20
	Christian Medina	20	20
	Alejandra Torres	20	20
	Daniel Cuesta	20	20
	David García	20	20
	Augusto Gómez	20	20

2. Resumen ejecutivo:

Uno de los más importantes negocios de la industria azucarera de la región sur-occidental colombiana lo representa la venta de energía eléctrica a la red nacional, energía que se produce a partir de la combustión de mezclas de carbón y biomasa (bagazo y/o bagacillo de caña de azúcar). Dado que se tendrá una creciente demanda de energía eléctrica en nuestra región, esto será la causa de un incremento del consumo de la mezcla carbón- bagazo, lo cual redundará en una mayor producción de residuos de combustión, tipo cenizas volantes y de fondo. Estos residuos se caracterizan por contener carbono no quemado (inquemado), representando una pérdida de combustible y una reducción en la eficiencia térmica de las calderas.

A partir de la descripción anterior del problema, el proyecto se enfocó en resolver la siguiente pregunta: Las mezclas de carbón-bagazo son reactivas a la combustión produciendo bajos niveles de carbono no quemado en las cenizas volantes y de fondo de las calderas, lo cual afecta su eficiencia ?.

La respuesta a la pregunta es: La eficiencia de las calderas en los procesos de combustión de combustibles sólidos, está estrechamente relacionada con la morfología de los carbonizados producidos, que representa la etapa dominante de la combustión. En el caso de las mezclas carbón-biomasa, no se ha realizado una caracterización del proceso de carbonización y por tanto, se desconoce el rol de cada componente de la mezcla en la morfología de los carbonizados y sobre su reactividad a la combustión. De igual manera, no se tiene información de la influencia de las impurezas del carbón sobre la reactividad de las mezclas. La materia mineral asociada al carbón participa como un componente de la mezcla carbón-biomasa, que puede afectar de forma directa la morfología de los carbonizados y en consecuencia, la eficiencia de la combustión.

Por lo anterior, el objetivo del proyecto fue determinar la reactividad a la combustión de mezclas carbón-biomasa usadas en una caldera de generación de vapor a nivel industrial.

La metodología realizada fue la siguiente: 1) Revisión bibliográfica, 2) Recolección, preparación

y caracterización de las muestras originales de carbones y bagazo, 3) Beneficio de carbón por separación gravimétrica, 4) Obtención de carbonizados mediante pirólisis por lotes, 5) Caracterización de carbonizados, 6) Análisis de resultados, presentación de informes y divulgación de resultados.

Los principales resultados obtenidos del proyecto fueron: 1) Nuevas morfologías procedentes de la biomasa fueron encontradas, 2) La presencia de la biomasa en la mezcla carbón-biomasa produjo sinergia al presentarse alta concentración en el carbón de morfologías reactivas, 4) la presencia de materia mineral influyó negativamente en la reactividad a la combustión de la mezcla

Como conclusiones del proyecto se establecen las siguientes: 1) el proceso de beneficio produjo reducción de materia mineral en carbones, 2) La aplicación de un proceso de pirólisis con partículas gruesas simuló el comportamiento de una caldera industrial. 3) Los resultados se presentaron en congresos internacionales y publicaciones científicas.

Abstract

One of the most important businesses of the sugar industry in the south-western region of Colombia is the sale of electricity to the national grid; energy that is produced from the combustion of coal and biomass (bagasse and / or bagasse of sugar cane) blends. Given that there will be a growing demand for electricity in our region, this would cause an increase in the consumption of the coal-bagasse blends, which will result in a greater production of combustion waste, example, fly and bottom ash Those wastes are characterized by containing unburned carbón (unburned), representing a loss of fuel and a reduction in the thermal efficiency of the boilers.

From the previous description of the problem, the project focused on solving the following question: Coal-bagasse mixtures are reactive to combustion producing low levels of unburned carbon in the fly and bottom ash of the boilers, which does it affect its efficiency?

The answer to the question is: The efficiency of the boilers in the combustion processes of solid

fuels, is closely related to the morphology of produced char, which represents the dominant stage of combustion. In the case of coal-biomass blends, a characterization of the carbonization process has not been carried out and therefore, the role of each component of the mixture in the morphology of the carbonized and their reactivity to combustion is unknown. Similarly, there is no information on the influence of coal impurities on the reactivity of the mixtures. The mineral matter associated with coal participates as a component of the coal-biomass blends, which can affect the morphology of the chars ones and, consequently, the combustion efficiency.

Therefore, the objective of the project was to determine the combustion reactivity of coal-biomass blends used in an industrial steam boiler.

The methodology was as follows: 1) Bibliographic review, 2) Collection, preparation and characterization of the original samples of coals and bagasse, 3) Beneficiation of coal by gravimetric separation, 4) Obtaining char by batch pyrolysis, 5) Characterization of chars, 6) Analysis, reporting and dissemination of results.

The main results obtained from the project were: 1) New morphologies from biomass were found, 2) The presence of biomass in the coal-biomass mixture produced synergy due to the high concentration of reactive morphologies in coal, 4) the presence of mineral matter negatively influenced the combustion reactivity of the mixture.

As conclusions of the project, the following are established: 1) the beneficiation process produced a reduction of mineral matter in coals, 2) The application of a pyrolysis process with thick particles simulated the behavior of an industrial boiler. 3) The results were presented at international conferences and scientific publications.

3. Síntesis del proyecto:

El objetivo general del proyecto fue determinar la reactividad a la combustión de mezclas carbón-biomasa usadas en una caldera de generación de vapor a nivel industrial.

Para cumplir con este objetivo general se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

Objetivo específico 1: Estudiar la influencia de la materia mineral del carbón en la morfología de carbonizados de mezclas carbón-biomasa. En este objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1.1 Recolección, preparación y caracterización de las muestras originales de carbones y bagazo

Se recogieron, prepararon y caracterizaron tres muestras de carbones colombianos, C1, C2 y C3 y una muestra de bagazo, las cuales fueron suministradas por un ingenio azucarero ubicados en la región del Valle del Cauca. La caracterización de las muestras se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis de muestras de carbones y bagazo.

Muestra	C1	C2	C3	Bagazo
<i>Análisis próximo (bs)</i>				
Ceniza	11,55	9,56	29,62	31,02
Materia Volátil (MV)	33,31	44,03	31,62	60,37
Carbono fijo (CF)	55,15	46,42	38,75	8,62
<i>Análisis elemental (bs)</i>				
C	76,31	67,32	53,85	37,31
H	4,46	3,66	4,05	4,19
N	1,68	1,39	0,99	0,33
S	0,9	0,86	3,58	0,06
O (calculado)	5,1	17,2	7,9	24,4
H/C	0,7	0,65	0,90	0,11
O/C	0,05	0,19	0,11	0,002
Poder calorífico (Btu/lb)	13319	11406	9450	6091
Relación MV/CF	0,60	0,95	0,82	7,00

Análisis petrográfico (% , bl mm)

Vitrinita	65,6	81,6	86,5	-
Liptinita	9,7	16,1	9,7	-
Inertinita	24,8	2,3	3,8	-
Reflectancia vitrinita (%Ro)	0,78	0,45	0,84	-

Tal como se observa en la Tabla 1, el carbón C3 presentó la mayor concentración de cenizas y azufre, características que lo hacen poco apreciado comercialmente, por lo que con el beneficio se espera reducir la presencia de estos componentes. El carbón C2 presentó el menor contenido de cenizas y la mayor concentración de materia volátil. Como resultado de lo anterior, el carbón C2 presentó la mayor relación MV/CF, característica que lo relaciona como un carbón reactivo. Por su parte, el carbón C1 presentó la menor relación MV/CF, lo cual lo identifica como un carbón menos reactivo.

En términos de la relación atómica H/C, el carbón C3 presentó el mayor valor, lo cual es un parámetro importante en el proceso de liberación de volátiles. La relación atómica O/C fue alta en el carbón C2. Esta relación usualmente se asocia con la formación de morfologías tipo esféricas y redes de poros con pared delgada.

El análisis petrográfico mostró que los carbones C3 y C1 presentaron el mayor contenido de vitrinita e inertinita respectivamente. Se ha encontrado que la concentración de estos macerales influye sobre la morfología de los carbonizados. Los carbones con altas concentraciones de vitrinita generan morfologías reactivas. En cuanto al maceral inertinita, el carbón C1 presentó la mayor concentración. El maceral inertinita tiene un importante efecto produciendo morfologías de baja porosidad en las que domina la fracción sólida, y por lo tanto, puede generar partículas poco reactivas.

En la Tabla 1 también se muestra el mayor contenido de materia volátil en el bagazo, lo cual generó, en comparación con los carbones, la mayor relación MV/CF. Se ha establecido que mayores relaciones MV/CF se asocian a una mayor reactividad. A pesar de lo anterior, se encontró que el bagazo tiene un alto contenido de ceniza, lo cual afecta el proceso de combustión. Rojas, 2005 mostró que la presencia de materia mineral tiene un efecto inhibitor

en la co-pirolisis.

1.2 Beneficio de carbón por separación gravimétrica.

Para reducir la cantidad de materia mineral en el carbón se utilizó el método de separación gravimétrica con nitrato de calcio como medio denso. Se realizaron pruebas por duplicado a diferentes densidades y una carga de pulpa del 15% p/p, con el fin de identificar el medio apropiado para cada muestra. El proceso tuvo una duración aproximada de 36 horas y se usaron bolsas de plástico transparente que permitieron observar la separación de las partículas. Al finalizar la separación, las muestras se lavaron y filtraron para remover el nitrato de calcio y posteriormente se determinó la humedad y el contenido de ceniza para evaluar el rendimiento del proceso de beneficio.

La reducción de materia mineral en el bagazo se realizó por medio de un lavado con agua, usando un tamiz con diámetro de 0,03 mm para filtrar la muestra; el proceso se repitió hasta que el agua no presentó turbiedad. Posteriormente se sometió a secado durante 72 horas a 40°C en un horno de convección forzada. En la Tabla 2 se presentan los resultados promedio de ceniza y rendimiento para cada muestra en función de la densidad del medio. Para cada densidad se realizaron tres separaciones, con el fin de obtener una masa total de 300 g necesarios para los experimentos de co-pirolisis.

Tabla 2. Rendimiento y cenizas de las muestras beneficiadas

Muestra	Densidad del medio denso (g/cm ³)	Rendimiento másico, % p/p	Ceniza en la fracción beneficiado, % p/p	Ceniza en la muestra original, % p/p
C1	1,30	49,2	5,1	11.55
C2	1,40	51,1	6,2	9.56
C3	1,35	48,9	6,9	29.62
Bagazo	-	70,5	17,0	31.02

En la tabla 2 se observa que el contenido de ceniza de los carbones se redujo en el rango 5 - 17% p/p, respecto a la muestra inicial, y se destaca que la mayor reducción se produjo en el carbón C3 y en el bagazo. Este resultado podría indicar que una gran proporción de la materia mineral contenida en estos materiales es de origen sedimentario, por lo cual se removió con mayor facilidad.

Objetivo específico 2. Evaluar el efecto de la proporción carbón-biomasa sobre la reactividad a la combustión de la mezcla.

Para evaluar la reactividad a la combustión de las muestras se utilizó un método termogravimétrico de tipo no-isotérmico. El equipo TGA consta de una mufla marca Terrígeno, adaptada con un sistema de palanca pivote, conectado con una balanza analítica OHAUS que tiene una precisión de ± 0.1 mg. Este equipo fue avalado como prototipo por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle. Se usaron 1.50 ± 0.0020 g de muestra en atmosfera de aire en exceso, con un flujo de 555 ml/min y una velocidad de calentamiento de $18^{\circ}\text{C}/\text{min}$, desde temperatura ambiente hasta 900°C . Con los datos obtenidos del software se realizaron las figuras masa remanente de muestra vs temperatura (TG), así como la velocidad de cambio de masa vs temperatura (DTG). En esta última figura se encontraron los valores de temperaturas características: inicial, pico, y final, las cuales sirven para determinar la reactividad de las muestras originales y carbonizadas.

Las curvas TG y DTG en condiciones no-isotérmicas de las muestras de carbón y bagazo originales con beneficio (Cb, Bb) y sin beneficio (Cs, Bs) se presentan en la Figura 1. A partir de las curvas DTG se encontraron las temperaturas características de combustión tales como la de ignición (Ti), pico (Tp) y temperatura final (Tf), así como los parámetros Sn y Sb asociados a estas muestras, las cuales se reportan en la Tabla 3.

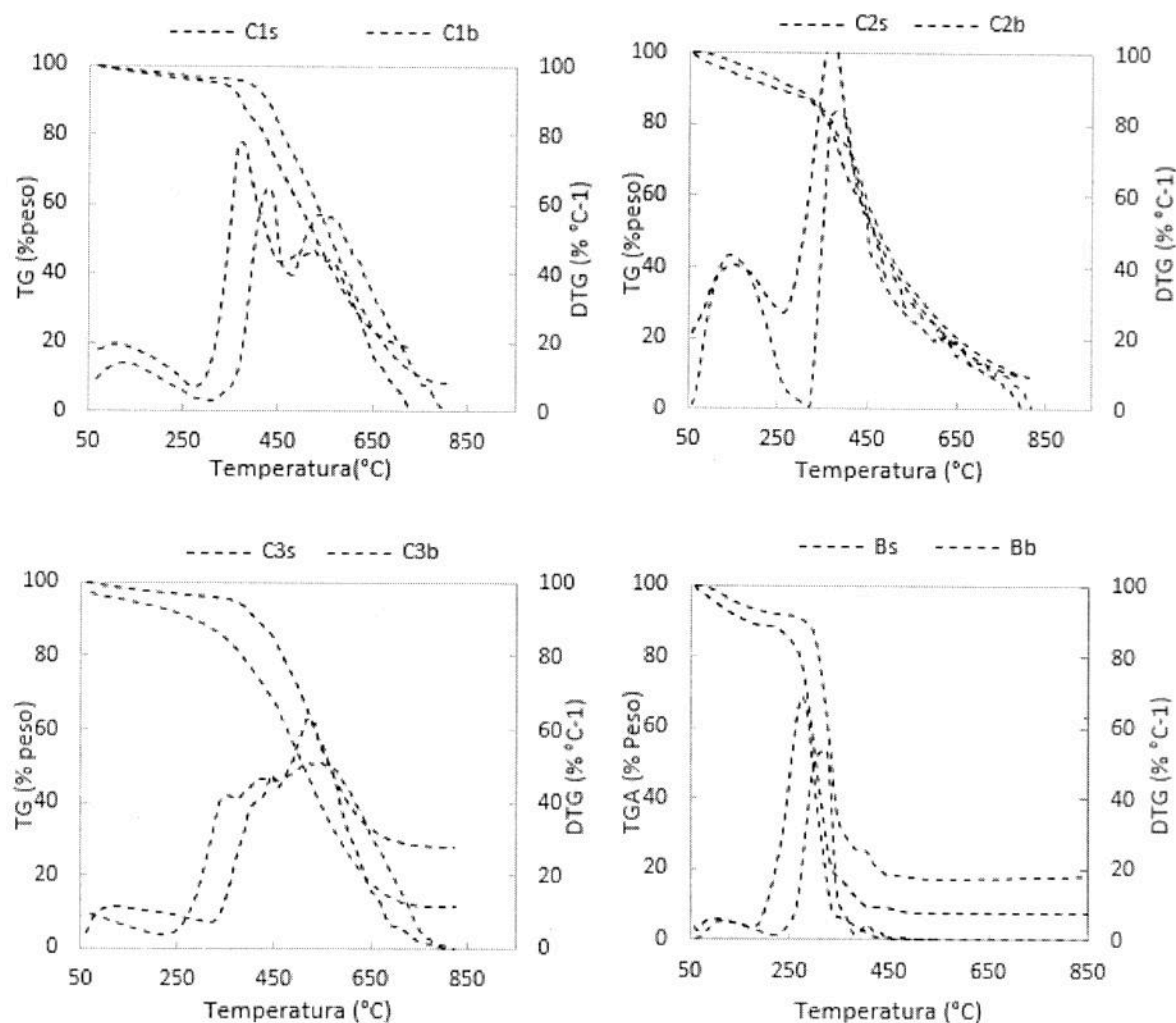


Figura 1. TG y DTG de carbones y bagazo originales

Tabla 3. Parámetros característicos de la combustión de muestras sin pirolizar.

Muestra	Ti (°C)		Tp (°C)		Tf (°C)		Sn (% ² min ⁻² °C ⁻³)		Cb (% ² min ⁻¹)	
	S [*]	B ^{&}	S	B	S	B	S	B	S	B
C1	284.7	336.6	357.4	542.3	732.0	809.1	8E-08	5E-08	18.0	11.6
C2	269.6	343.0	373.5	410.4	795.3	804.6	6E-07	4E-08	39.6	42.3
C3	332.0	258.8	517.7	508.7	823.0	701.8	2E-07	7E-08	15.4	34.5
Bagazo	190.8	257.8	274.3	318.4	446.0	492.9	6E-05	2E-06	168.0	101.1

S^{*}: Sin beneficiar B[&]: Beneficiado

Analizando las temperaturas Tp, que son las más características del proceso de combustión y que predicen la reactividad de los combustibles, se encontró que el material más reactivo a la combustión fue el bagazo, por presentar la menor temperatura pico, y el material menos reactivo fue el carbón C3, que presentó la mayor Tp. Igual comportamiento se presentó en las temperaturas Ti, Tf y en los parámetros Sn y Sb. La presencia de la materia mineral en los carbones y el bagazo original tuvo un importante efecto sobre las temperaturas y parámetros característicos de la combustión.

Como una representación, se muestran en la Figura 2 las curvas DTG del carbón C1, bagazo y sus mezclas pirolizadas, sin beneficiar y beneficiado. La Tabla 4 presenta los parámetros de reactividad a la combustión Ti, Tp, Tf, Sn y Cb para las muestras pirolizadas: carbones originales (0%), bagazo original (100%) y mezclas carbón- bagazo de 25, 50 y 75% p/p de bagazo.

Al igual que como se analizaron los datos de reactividad para muestras originales sin pirolizar, se analizan solamente las temperaturas Tp, debido a que representa una de las características del proceso de combustión y que predice la reactividad de los combustibles. Nuevamente, tal como ocurrió con las muestras originales, para las muestras pirolizadas se encontró que, en general, la muestra más reactiva a la combustión lo representa el bagazo, tanto beneficiado como sin beneficiar, por presentar las menores temperaturas pico. El material menos reactivo fue el carbón pirolizado C1, que presentó las mayores Tp. Igual comportamiento presentaron las

temperaturas T_i , T_f y los parámetros S_n y S_b .

Se encontró que todas las mezclas tuvieron una tendencia decreciente de la temperatura pico con el incremento de la proporción de bagazo, lo cual se asocia principalmente a la alta reactividad del mismo. Los anteriores resultados están de acuerdo con los parámetros S_n y S_b mostrados, los cuales se incrementaron con el aumento de la proporción de bagazo. También se observó que la presencia de la materia mineral en los carbones y el bagazo produjo un importante efecto sobre las temperaturas y parámetros característicos de la combustión, ya que en la mayor parte de las muestras beneficiadas se tuvieron temperaturas características más elevadas que las muestras sin beneficio. Esto indica que la materia mineral tuvo un efecto catalizador sobre la combustión, dando como resultado mayor reactividad de las muestras sin beneficiar.

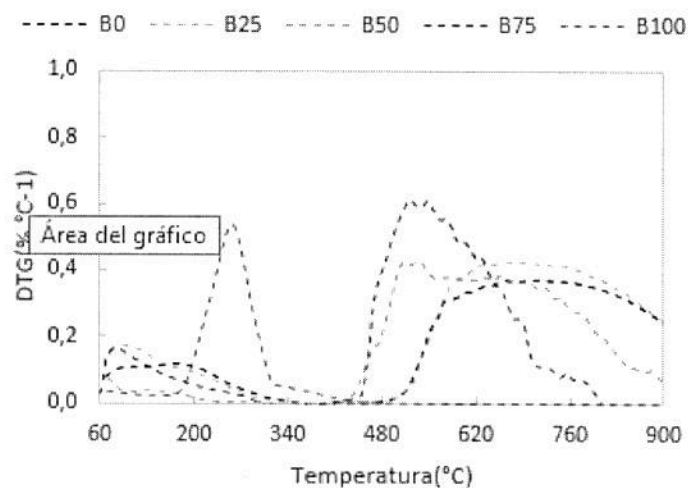
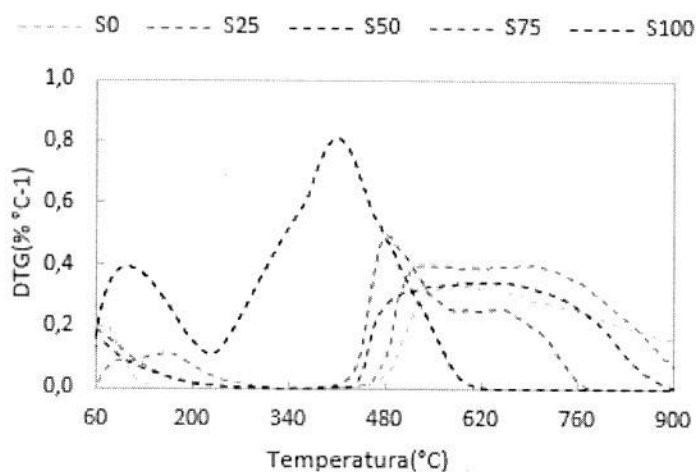


Figura 2. DTG de carbones, bagazo y mezclas, para la muestra C1, a) sin beneficio, b) beneficiadas

Tabla 4. Temperaturas y parámetros característicos de mezclas pirolizadas

Muestra	Bagazo, % p/p	Ti (°C)		Tp (°C)		Tf (°C)		Sn (% ² min ⁻² °C ⁻³ * 10 ⁻⁷)		Cb (% ² min ⁻¹)	
		S*	B ^{&}	S	B	S	B	S	B	S	B
C1	0	486.1	495.9	594.9	713.1	979.4	1001.5	3E-08	4E-08	4.6	7.9
	25	432.9	475.4	633.8	706.6	946.5	989.7	6E-08	6E-08	7.4	9.3
	50	399.3	438.3	589.7	630.3	893.5	943.2	6E-08	5E-08	6.5	3.0
	75	404.2	425.4	481.1	540.4	777.7	820.3	1E-07	1E-07	16.6	12.1
C2	0	436.8	418.5	563.2	556.8	1003.8	965.5	4E-08	7E-08	23.2	24.6
	25	387.0	384.8	535.3	526.4	994.0	944.0	5E-08	8E-08	28.2	20.4
	50	358.4	372.7	481.6	534.0	852.1	912.3	1E-07	9E-08	44.1	25.3
	75	322.7	362.1	436.0	498.7	823.2	837.8	2E-07	1E-07	31.1	31.9
C3	0	489.9	470.8	580.0	613.2	849.7	999.6	3E-08	5E-08	10.8	5.0
	25	382.0	472.3	541.0	584.7	884.0	980.1	4E-08	5E-08	14.1	2.7
	50	436.0	457.7	517.0	545.0	869.9	966.3	5E-08	7E-08	16.5	5.6
	75	446.5	455.9	492.1	537.4	779.1	825.7	1E-07	1E-07	32.0	17.7
Bagazo	100	231.9	182.7	411.6	256.6	617.8	448.6	6E-07	4E-05	168.0	58.6

S*: Sin beneficiar B[&]: Beneficiado

Objetivo específico 3. Identificar procesos sinérgicos entre materia mineral, carbón y biomasa en el proceso de combustión.

A partir de los resultados obtenidos en las mezclas carbón-bagazo en la sección anterior, se evaluó la sinergia durante la combustión de la mezcla carbón-bagazo. Para lo anterior, se utilizó un parámetro característico de reactividad representado por la Tp. Se compararon los valores experimentales de Tp con sus valores calculados, al considerar un comportamiento aditivo de ese parámetro en la mezcla, de acuerdo a la Ecuación 1.

$$T_{p_{calc}} = W_{carbón} * T_{p_{carbón}} + W_{bagazo} * T_{p_{bagazo}} \quad (1)$$

Donde, $W_{carbón}$ y W_{bagazo} representan las fracciones másicas de carbón y bagazo en la mezcla y $T_{p_{carbón}}$ y $T_{p_{bagazo}}$ las temperaturas picos de los respectivos combustibles. Se considera que existen efectos sinérgicos durante la combustión de la mezcla carbón-bagazo, cuando la T_p experimental es menor que la T_p calculada ($T_{p_{calc}}$). Lo anterior se relaciona con el concepto de que mezclas que produzcan menores T_p experimentales son más reactivas a la combustión.

La figura 3 muestra los valores experimentales y calculados (línea recta) de las T_p en función del contenido de bagazo en la mezcla. Como una representación se muestra la mezcla del carbón C1. Como se observa en la Figura 3 se encontró que en general para las muestras beneficiadas y sin beneficiar en todas las mezclas, no ocurrió ningún efecto sinérgico entre el carbón y el bagazo, ya que las temperaturas pico reales de cada mezcla fueron mayores que las temperaturas calculadas.

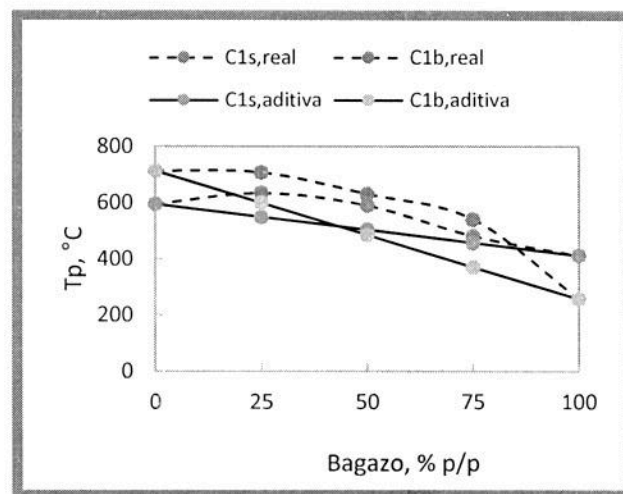


Figura 3. Temperaturas pico reales vs. Temperaturas calculadas de la muestra C1

Este mismo comportamiento se encontró en las mezclas beneficiadas de bagazo con los carbones C2 y C3. La figura 3 muestra también que las mezclas sin beneficio presentaron menores T_p en comparación con las muestras beneficiadas. Lo anterior sugiere que la materia mineral de esas muestras no beneficiadas contribuyó al decrecimiento de la T_p y a la tasa máxima de quemado.

Los anteriores resultados fueron contrarios a los encontrados por García (2019), quien demostró que, en la mayoría de sus mezclas de carbonizados, usando tres carbones colombianos y contenidos de bagazo 50 % p/p, se presentaron efectos sinérgicos. Tamaños de partículas finos, y relativamente menores contenidos de ceniza en sus carbones, podrían causar estas diferencias.

Objetivo 4. Desarrollar un prototipo de software para automatizar el análisis de imágenes de estructuras de partículas y producir datos significativos para evaluar el potencial de combustión de las muestras de carbón.

Dadas las características del tamaño de las partículas morfológicas y que las condiciones de fotografía no fueron las más adecuadas debido a que el proceso de pulido no fue efectivo, fue necesario hacer un conteo manual de las morfologías y por ende no se automatizó el proceso. Sin embargo, para la cuantificación de las morfologías se realizó una herramienta automática de apoyo que consistió en la implementación de una cuadrícula colocada sobre las fotografías. Esta herramienta facilitó la cuantificación de las partículas morfológicas.

Objetivo 5. Comparar comportamientos de reactividad de las mezclas combustibles a escala laboratorio respecto al desempeño observado en una caldera a nivel industrial.

El proceso global de combustión en partículas sólidas presenta tres etapas principales en las que la temperatura aumenta gradualmente. Al inicio se libera humedad, seguido de la liberación y oxidación de la materia volátil, lo que genera un ambiente inerte al interior de la partícula, estas condiciones ocasionan que se concentre el carbono del combustible, dando como resultado el material denominado carbonizado. La última etapa de la combustión, es la oxidación del carbonizado, que es la etapa más lenta de la reacción global, donde se libera la mayor cantidad de energía del proceso.

La morfología de los carbonizados, condiciona significativamente los fenómenos de transferencia de masa y de calor que ocurren durante en el proceso, afectando de esta

manera la reactividad del combustible y la eficiencia del proceso de combustión. Cuando se producen morfologías más porosas y de pared delgadas, la reactividad aumenta.

El análisis morfológico se desarrolla comúnmente en condiciones controladas en un reactor tubular con atmósfera de nitrógeno a temperaturas entre 900 y 1100 °C, las partículas se alimentan en granulometrías finas para ser fluidizadas en la corriente de nitrógeno, donde se controla el tiempo de residencia que oscila entre 200 ms y 4 s. Estas condiciones experimentales se usan para el estudio de procesos de combustión de lecho fluidizado, que difiere en aspectos cinéticos y de fenómenos de transferencia respecto a la de lecho fijo, como es el caso de las calderas de parrilla móvil. Los ingenios azucareros de la región funcionan con tamaños de partículas entre 6 y 20 mm en un lecho fijo, con tiempos de residencia entre 2 y 3 horas.

Con el objetivo de comparar los comportamientos del proceso de combustión que experimenta una partícula al interior de una caldera, respecto al que se lleva a cabo en el laboratorio, se planteó una metodología que consta de un análisis estándar de laboratorio y un muestreo en caldera, usando la misma distribución de tamaño de partícula entre 6 y 20 mm. Para obtener carbonizados con características similares se construyó un sistema de distribución de gases, donde se depositaron las muestras de combustibles, y luego se introdujeron en una mufla precalentada a 900 °C, durante dos horas bajo un flujo constante de nitrógeno. Un esquema del equipo se presenta en la figura 4B.

Los carbonizados a escala industrial se obtuvieron del hogar de una caldera de parrilla móvil, para esto se usó un muestreador de 3 metros de largo que se introdujo por una ventana lateral del hogar, tal como se observa en figura 4A. Las muestras extraídas se sumergieron súbitamente en un recipiente con agua para detener la combustión.

Con las muestras de carbonizados obtenidas en laboratorio y caldera se realizaron probetas, embebiendo los carbonizados en una resina epóxica, luego se dejaron curar durante 24 horas y posteriormente se lijaron y pulieron hasta obtener una superficie libre de rayones. A partir de las probetas se obtuvieron fotografías en un microscopio metalográfico Nikon LV-100 que

fueron analizadas mediante la técnica de clasificación morfológica de carbonizados. Cabe resaltar que no se han encontrado estudios similares reportados en la literatura, en los que se estudien morfologías de partículas gruesos.

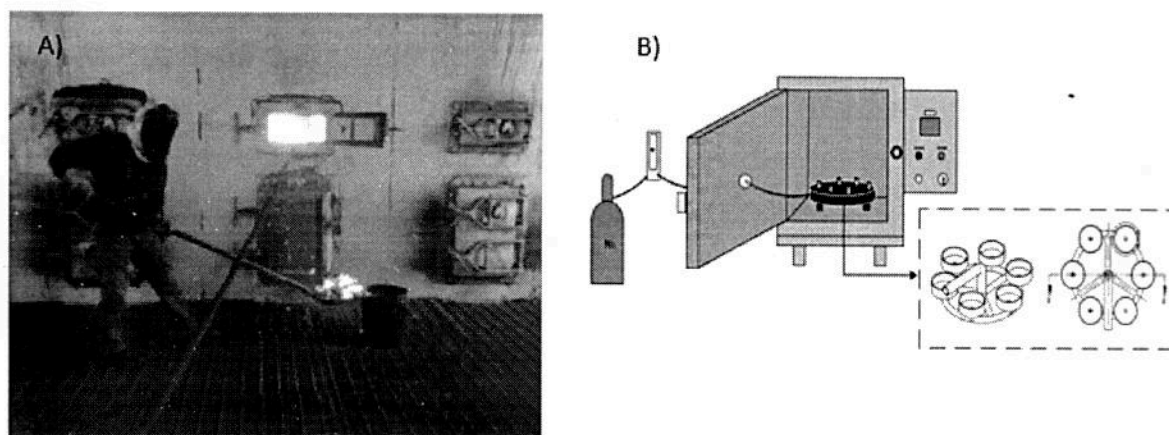


Figura 4. A) Extracción de carbonizados de caldera B) Esquema de sistema de producción de carbonizados en laboratorio

Los resultados de morfologías se observan en las figuras 5 a 7. Inicialmente en la figura 5 se presenta una micrografía de redes de pared delgadas obtenidas a escala industrial (A) y laboratorio (B). Donde se puede observar que en el carbonizado industrial se presentan diferentes espesores de pared desde secciones muy delgadas, hasta regiones que presentan características de mezcla de poros. Adicionalmente, las paredes tienen la característica de tener bordes más erosionados, a diferencia de la muestra de laboratorio donde las paredes presentan formas definidas. Esto puede deberse a que las condiciones mecánicas a las que se someten las partículas en torno a la caldera son mucho más agresivas, debido al almacenamiento, reducción de tamaño, alimentación, condiciones del lecho, entre otras. Ocasionando erosión en las partículas, esto podría generar que las paredes delgadas sean más frágiles.

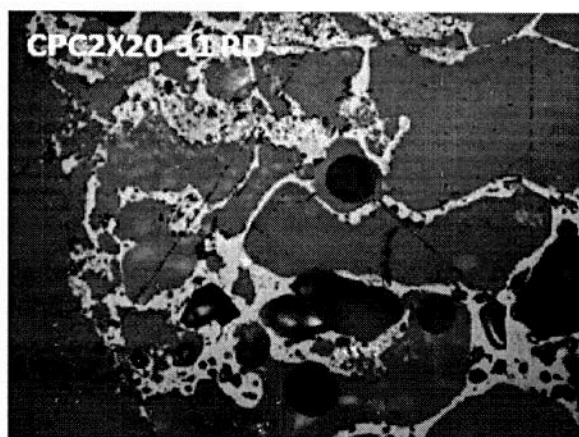


Figura 5. Carbonizados de red delgada A) Industrial, B) Laboratorio

Para el caso de partículas con una concentración menor de porosidad, como el caso de las mezclas de poros que se muestran en la figura 6, se puede observar una gran similitud en las características de las partículas obtenidas de la caldera (izquierda) comparado con las de laboratorio (derecha). Las texturas y trazos en ambas partículas son semejantes, esto debido a que son partículas mucho más gruesas y por lo tanto, más resistente a los efectos de la erosión mecánica que se someten las partículas. En términos generales, para el caso de estas partículas se puede considerar que las obtenidas en el laboratorio reproducen las partículas de caldera.

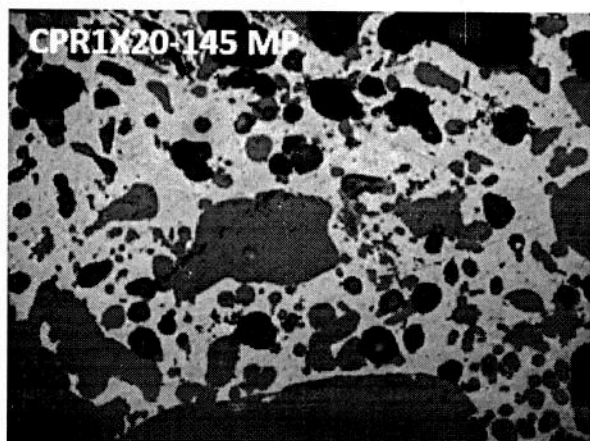


Figura 6. Carbonizados mezcla de poros, A) Industrial, B) Laboratorio

En el caso de las morfologías de baja reactividad como los inertoides que se presentan en la figura 7, se observa que la muestra de caldera, presenta mayor erosión en la superficie. Adicionalmente, las partículas de baja porosidad que se encontraron en la muestra de caldera, presentaban superficies mucho más extensas que las de laboratorio, esto se puede deber a que las partículas de combustible en las condiciones de lecho de la caldera, pueden estar mucho más aisladas del oxígeno, y con mayores limitaciones difusionales para la liberación de volátiles respecto a las obtenidas a escala de laboratorio.

Esto se debe a que el lecho en la caldera es en promedio cuatro veces más alto que el que se logra en el equipo de laboratorio, donde se tienen lechos de máximo 5 cm. Lo que genera condiciones difusionales más tortuosas para la materia volátil y el oxígeno debido a la interacción partícula-partícula y las posibles aglomeraciones que se dan debido a que los alquitranes que se generan pueden hacer las veces de pegamento entre las partículas, generando así mayor resistencia al flujo de los gases en el lecho. Cabe mencionar que para muestras como las de Cundinamarca y Valle del Cauca en condiciones de laboratorio, también se lograron estas aglomeraciones en las muestras obtenidas en mufla.

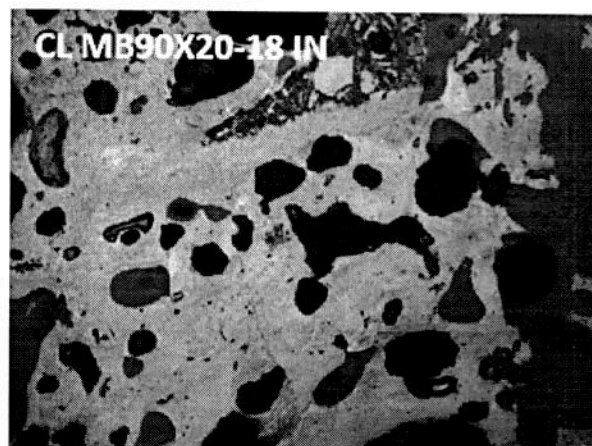
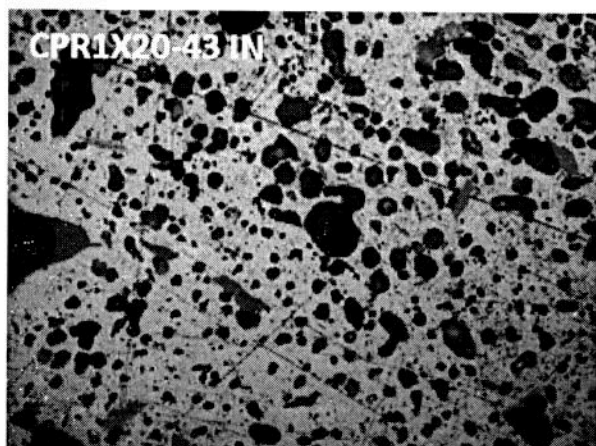


Figura 7. Carbonizados inertoides de baja reactividad, A) Industrial, B) Laboratorio

Con base en los resultados de comparación en morfologías, se puede considerar que existen semejanzas en las características de partículas de carbonizados como porosidad, texturas, espesores de pared, entre otras. Adicionalmente, en las muestras de laboratorio se logró obtener carbonizados aglomerados, lo que puede servir como una herramienta para identificar a escala laboratorio muestras que tengan estos comportamientos y así evitar este fenómeno al interior de la parrilla, que está asociado con la producción de aglomeraciones conocidas en el medio como Clinker, que pueden llegar a crecer hasta el punto de alcanzar temperaturas superiores a las de fusión del material de la parrilla, lo que puede incluso llegar a romper la parrilla.

Por otro lado, las partículas delgadas difieren principalmente en la erosión de los bordes lo que se atribuye a las condiciones mecánicas de la escala industrial. Sin embargo, las partículas obtenidas en laboratorio reflejan formas semejantes, y ayudan a tomar conclusiones similares a las analizadas en los carbonizados de calderas.

En conclusión, los carbonizados producidos en laboratorio bajo las condiciones experimentales de la presente investigación, podría ser una herramienta útil para caracterizar el comportamiento de muestras de combustibles a pequeña escala que permita tomar decisiones de compra y operación de los equipos industriales.

4. Impactos actual o potencial:

Los resultados de este proyecto permitieron establecer la fenomenología involucrada en la combustión de mezclas carbón – biomasa, considerando el efecto de los constituyentes de esta mezcla sobre la reactividad de estos materiales en el proceso de generación de energía. Aunque diferentes industrias de la región utilizan estas mezclas en sus sistemas de combustión, hasta el momento no se habían reportado investigaciones enfocadas en un estudio de reactividad que considerara las condiciones de operación del tipo de tecnología que utiliza el sector productivo regional.

En este sentido, el proyecto contribuyó con resultados útiles en la formulación de estrategias para la optimización de los sistemas de combustión, en términos de la eficiencia energética. El diseño experimental utilizado permitió determinar que altos porcentajes de bagazo contribuyen a incrementar la reactividad de la mezcla y por tanto a reducir el contenido de combustible no aprovechado durante la combustión; y este efecto positivo puede verse afectado por la materia mineral presente en el carbón y la biomasa. La fase inorgánica de la mezcla puede tener un efecto catalítico o inhibidor en la combustión, y este dependerá de la naturaleza de los minerales de cada combustible.

La metodología de análisis morfológico y termogravimétrico para partículas gruesas, que se desarrolló en este proyecto, y que no ha sido reportado en la literatura, es una herramienta para que la industria regional identifique la reactividad de sus mezclas, y pueda modificar su composición hasta garantizar el mayor aprovechamiento del potencial energético de sus combustibles. Al mismo tiempo, las industrias de la región tienen un instrumento para evaluar la conveniencia de invertir en procesos complementarios de pretratamiento de combustibles, como el lavado, con el fin de favorecer sólo la presencia de minerales con características catalíticas en la combustión.

Sumado a la factibilidad de transferencia de esta metodología al sector productivo regional, la investigación constituye una base conceptual para el aprovechamiento de subproductos

orgánicos de la agroindustria nacional. Como el bagazo obtenido en la fabricación del azúcar, las mezclas carbón – biomasa pueden constituirse con subproductos de otros procesos o con residuos agrícolas de diversos cultivos, incluida la caña de azúcar y las plantaciones para pulpa de papel, dos sectores clave de la región. Esto contribuye a la diversificación de la matriz energética y el reemplazo progresivo de los combustibles fósiles, disminuyendo el impacto ambiental del proceso de combustión.

Por otra parte, dado que el proyecto se desarrolló en la modalidad de investigación aplicada, impactó la articulación academia-industria a través de la formación de personal calificado en desarrollo industrial basado en investigación, en los niveles de pregrado y posgrado. Además, se generaron bases científicas relacionadas con el proceso de combustión, mediante la difusión de resultados en eventos internacionales y revistas especializadas, en las cuales se socializaron los nuevos criterios de clasificación morfológica aplicables a mezclas carbón – bagazo en granulometría gruesa y los efectos sinérgicos de los componentes de estas mezclas en su reactividad a la combustión.

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 sometidos en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
		2			1	1		
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
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	1				1			

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial	1		1 (Molino de biomasa adquirido)	
Normas basadas en resultados de investigación				
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. de estudiantes Vinculados	No. de tesis finalizadas
Estudiantes de pregrado	1	1	7	6
Semillero de Investigación				
Estudiantes de maestría	1	1	1	1 (documento entregado en proceso de evaluación)
Estudiantes de doctorado	1	1	1	1 (documento entregado en proceso de evaluación)
Joven investigador				
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



TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
	1	1		3
Propuesta de investigación				
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		1	

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

Productos de nuevos conocimientos (Anexo 1)

Tipo de producto:	Artículo en revista Indexada
Nombre Particular:	Influencia del tamaño de partícula y concentración de bagazo sobre la morfología de carbonizados provenientes de mezclas bagazo-carbón
Ciudad y fechas:	Universidad de Tarapaca, Arica, Chile, 7 Enero de 2020
Participantes:	Giraldo K., Giraldo P., García E., Guerrero J., Barraza J., Trujillo M., Lester E., Williams O.
Sitio de información:	Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería (Q2) – Artículo sometido
Formas organizativas:	Facultad de Ingeniería, Universidad Del Valle, Ciudad Universitaria Meléndez, Calle 13 # 100-00. A. A., Cali, Colombia,

Tipo de producto:	Artículo en revista Indexada
Nombre Particular:	Experimental data on the morphological characterization of chars from coal and bagasse blends
Ciudad y fechas:	



Participantes:	Edward García, Juan Barraza-Burgos, Juan Guerrero, María Trujillo, Edward Lester, Orla Williams
Sitio de información:	Revista Data in Brief (Q1) – Artículo sometido
Formas organizativas:	Faculty of Engineering, University of Nottingham, University Park, NG7 2RD Nottingham, United Kingdom, Facultad de Ingeniería, Universidad Del Valle, Ciudad Universitaria Meléndez, Calle 13 # 100-00. A. A., Cali, Colombia,

Formación de Recursos Humanos (Anexo 2)

Tipo de producto:	Tesis de pregrado, Programa Académico Ingeniería Química
Nombre Particular:	Influencia del tamaño de partícula y concentración de bagazo sobre la morfología de carbonizados provenientes de mezclas bagazo-carbón
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, 24 de Mayo 2019
Participantes:	Giraldo Karol, Giraldo Paola
Sitio de información:	Biblioteca Central Meléndez Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología del Carbón, Escuela de Ingeniería Química, Universidad del Valle

Tipo de producto:	Tesis de Pregrado, Programa Académico Ingeniería Química
Nombre Particular:	Morfología de carbonizados de mezclas bagazo-carbón: efecto del tamaño de partícula y concentración de bagazo
Ciudad y fechas:	Tesis: Santiago de Cali, 24 de Mayo 2019
Participantes:	Torres Alejandra, Medina Christian
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología del Carbón, Escuela de Ingeniería Química, Universidad del Valle

Tipo de producto:	Tesis de Pregrado, Programa Académico Ingeniería Química
-------------------	--

Nombre Particular:	Comportamiento térmico y cinético de la co-combustión de mezclas carbón-bagazo
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, 6 de junio 2019
Participantes:	García J., Cuesta D., García E., Guerrero J., Barraza J.
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología del Carbón, Escuela de Ingeniería Química, Universidad del Valle

Tipo de producto:	Tesis de Maestría – Programa Académico de Maestría en Ingeniería área de énfasis Ingeniería Química (Documento final entregado en proceso de evaluación)
Nombre Particular:	Efecto de la materia mineral sobre la reactividad a la combustión de mezclas carbón – bagazo
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Diciembre de 2019
Participantes:	Sabogal Lyna
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología del Carbón, Escuela de Ingeniería Química, Universidad del Valle

Tipo de producto:	Tesis de Doctorado – Programa Académico de doctorado en Ingeniería área de énfasis Ingeniería Química (Documento final entregado en proceso de evaluación)
-------------------	--



Nombre Particular:	Morfología de carbonizados de mezclas carbón-bagazo de caña de azúcar
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Diciembre de 2019
Participantes:	Edward García
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología del Carbón, Escuela de Ingeniería Química, Universidad del Valle, Universidad de Nottingham, Inglaterra, Servicio Geológico Colombiano.

Productos de divulgación (Anexo 3)

Las ponencias presentadas en 3 congresos internacionales fueron:

- 1."Effect of bagasse composition, devolatilization temperature, particle size and type of devolatilization atmosphere on char morphology of coal-bagasse blends", Clean Coal Technologies, Sardinia Italia, Mayo 2017,
2. "Effect of residence time and temperature on vitrinite reflectance of char from coal", International Conference on Coal Science and Technology, ICCS&T 2017, 25 al 29 Septiembre, Beijing China.
- 3." Initial Evaluation of a Colombian coal/biomass stoker furnace XX", International Conference on Coal Science and Technology, ICCS&T 2017, 25 al 29 Septiembre, Beijing China.

Propuesta de investigación (Anexo 4)

Título: Densificación, torrefacción y combustión de residuos de poda, corteza de eucalipto y cascarilla de arroz como suministro sostenible de bioenergía

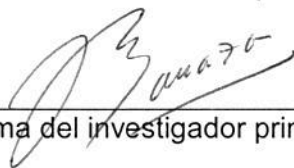
Convocatoria: 852-2019 CONVOCATORIA DE PROGRAMAS CONECTANDO CONOCIMIENTO 2019, Programa Nacional de CTel:

PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:



Firma del investigador principal



VoBo. Vicedecano de Investigaciones

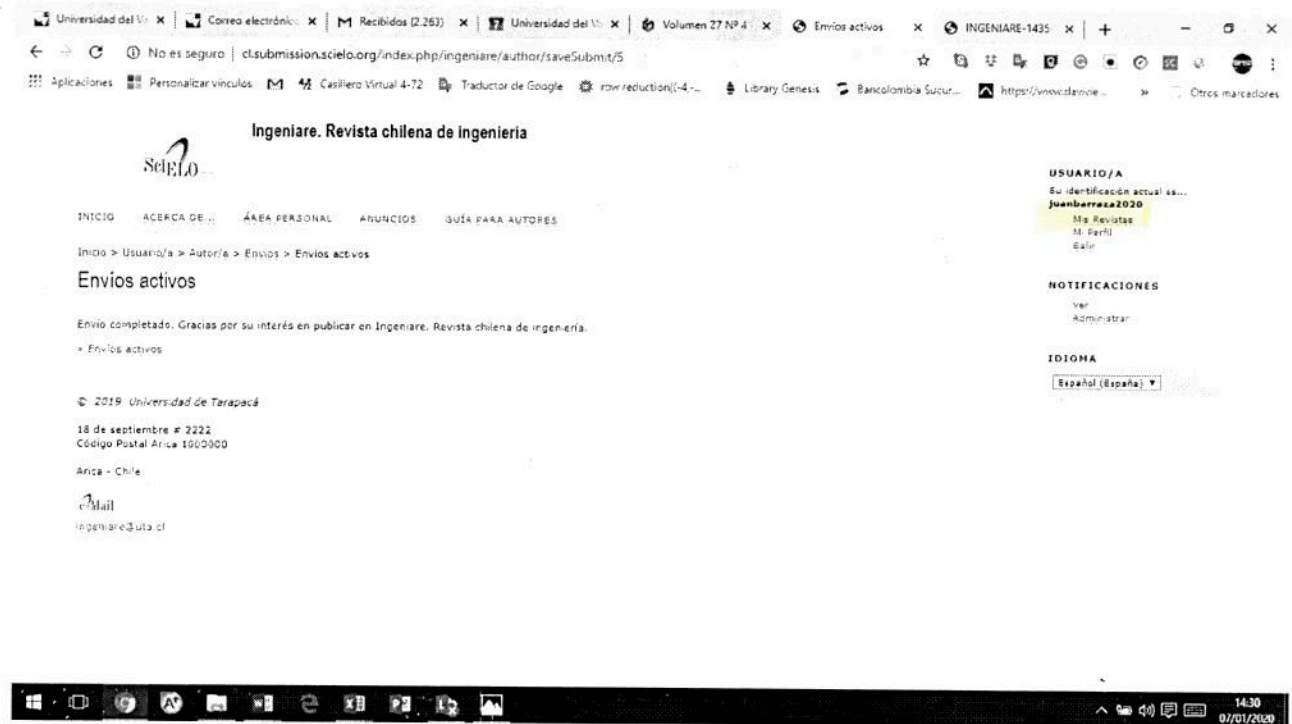
Productos de nuevos conocimientos (Anexo 1)

0713-3291

(G₂)

1. Artículo "Influencia del tamaño de partícula y concentración de bagazo sobre la morfología de carbonizados provenientes de mezclas bagazo-carbón"

2.



Universidad del Valle x Correo electrónico x Recibidos (2,263) x Universidad del Valle x Volumen 27 N° 4 x Envíos activos x INGENIARE-1435 x + -

No es seguro | ctsubmission.scielo.org/index.php/ingeniare/author/index

Aplicaciones Personalizar vínculos Casillero Virtual 4-72 Traductor de Google row reduction [-4-... Library Genesis Bancolombia Sucur... http://www.devive... Coros marcadores

Ingeniare. Revista chilena de ingeniería

Inicio ACERCA DE... ÁREA PERSONAL ANUNCIOS GUÍA PARA AUTORES

Inicio > Usuario/a > Autor/a > **Envíos activos**

Envíos activos

ACTIVO ARCHIVO

ID	REVISTA	SECC.	AUTORES	TÍTULO	ESTADO
INGENIARE-1435	01-07	AEX	Sarraza Burgos, Giraldo-Deigado...	INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y CONCENTRACIÓN DE...	Esperando asignación

1 - 1 de 1 elementos

Comenzar un nuevo envío
Pulse [aquí](#) para ir al primer paso del proceso de envío (5 pasos).

Refbacks

ORDEN: [NUEVO] [PUBLICADO] [IGNORADO]

FECHA AÑADIDA	ACERTOS	URL	TÍTULO	ESTADO	ACCIÓN
No hay Refbacks actualmente.					

© 2019 Universidad de Tarapacá
19 de septiembre de 2022

1431 07/01/2020

2352-3409

2. Artículo "Experimental data on the morphological characterization of chars from coal and bagasse blends"

Q1

12/1/2020

Correo de Universidad del Valle - Submission Confirmation



juan manuel barraza burgos <juan.barraza@correounivalle.edu.co>

Submission Confirmation

1 mensaje

12 de enero de 2020, 12:24

Data in Brief <eesserver@eesmail.elsevier.com>

Responder a: Data in Brief <dib@elsevier.com>

Para: juan.barraza@correounivalle.edu.co, jubarraza@gmail.com

Cc: edward.garcia@correounivalle.edu.co, juan.guerrero.perez@correounivalle.edu.co, maria.trujillo@correounivalle.edu.co, edward.lester@nottingham.ac.uk, orla.williams@nottingham.ac.uk

*** Automated email sent by the system ***

Dear Dr. Barraza:

We have received your article "Experimental data on morphological characterization of chars from coal and bagasse blends" for consideration for publication in Data in Brief.

Your manuscript will be given a reference number once an editor has been assigned.

To track the status of your paper, please do the following:

1. Go to this URL: <https://ees.elsevier.com/dib/>

2. Log in as an Author

3. Click [Submissions Being Processed]

Please note: Data in Brief is a fully Open Access journal with an Author Processing Fee of USD 600 *upon publication,* (unless you have provided a valid APC discount code), as stated in our Guide for Authors (<https://www.elsevier.com/journals/data-in-brief/2352-3409/guide-for-authors#13350>). Please respond directly to this email if you have any questions or queries on our Open Access policies.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

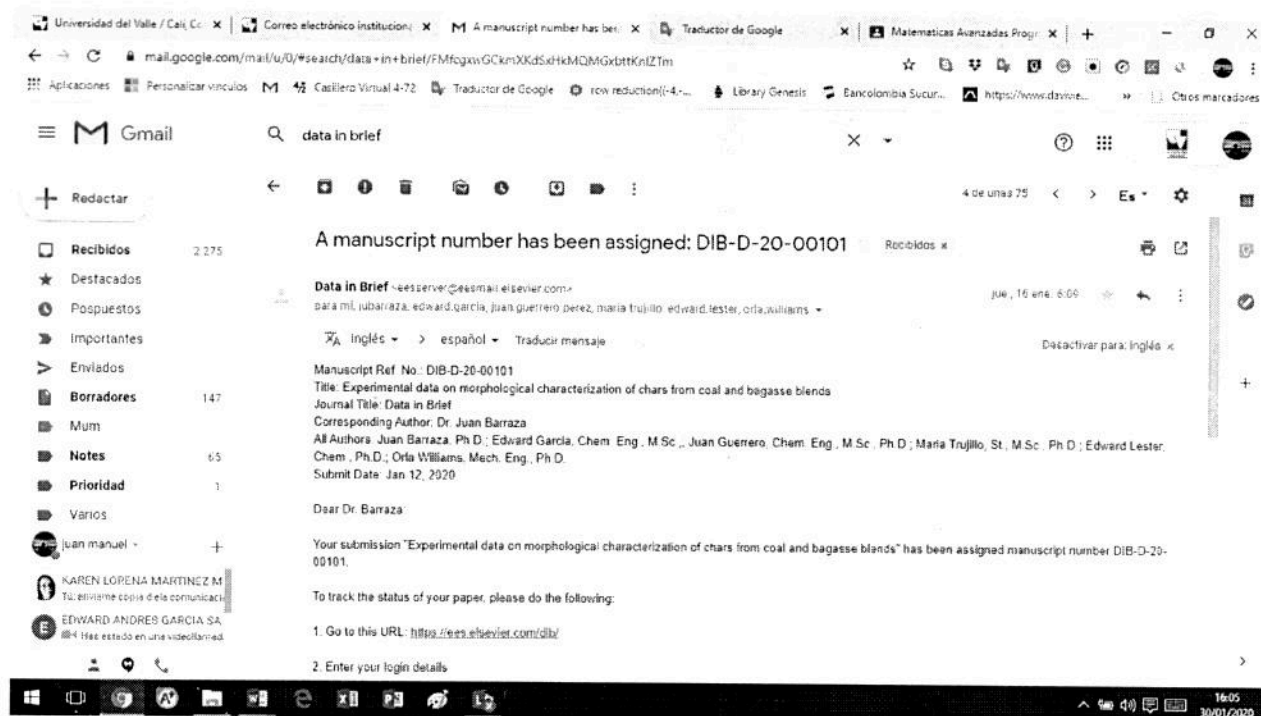
Elsevier Editorial System
Data in Brief

Submitted on behalf of all authors

Please note that the editorial process varies considerably from journal to journal. For more information about the submission-to-publication lifecycle, click here:

<https://mail.google.com/mail/u/07?ik=9eeclae1b9&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1655544104904871262&siml=msg-f%3A1655544104904871262>

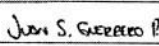
1/2



Formación de Recursos Humanos (Anexo 2)

Actas de sustentación de trabajos de grado

1. Estudiantes de Pregrado Juan David García y Daniel Cuesta

FACULTAD DE INGENIERÍA Coordinación Académica Programa Académico de Ingeniería Química		ACTA DE SUSTENTACIÓN		
INFORMACIÓN GENERAL				
Título del trabajo		FECHA	DÍA	MES AÑO
Comportamiento térmico y cinético de la co-combustión de mezclas carbón-bagazo		HORA	11:00 a.m.	8 2019
Estudiante(s)		Código		
Juan David García Lora		201422332		
Daniel Steven Cuesta Mosquera		201424664		
Nombre del director		Firma		
Ing. Edward Andrés García Saavedra				
N/A	Nombre del codirector	Firma		
Ing. Juan Manuel Barroza				
N/A	Nombre del Asesor 1	Firma		
N/A	Nombre del Asesor 2	Firma		
COMITÉ EVALUADOR				
Nombre del evaluador		Firma		
Ing. Francisco Velasco				
Ing. Alvaro Gutiérrez, Ph.D.				
EVALUACIÓN				
Escala de evaluación				
Excelente	Muy bueno	Buena	Regular	Aceptable
4.8 - 5.0	4.5 - 4.7	4.0 - 4.4	3.5 - 3.9	3.0 - 3.4
Deficiente 1.0 - 2.9				
Nota definitiva documento final (a diligenciar por el director del programa académico)				Total
4.0				91.5
Sustentación (a diligenciar por el jurado evaluador)				1.3 p
4.5				4.5
NOTA FINAL				
OBSERVACIONES				
DEFINICIÓN Y COMPROMISOS MENCION				
Como evaluadores y de común acuerdo consideramos que, una vez realizada la sustentación, el trabajo merece mención y nos comprometemos a completar el trámite correspondiente para solicitarla.				
SI ☒ NO ☐ MERITORIA ☒ LAUREADA ☐				
La decisión anterior queda sujeta a la revisión del cumplimiento de todos los requisitos establecidos en la Resolución 28 de Febrero 17 de 2016				
 Firma del Director de Programa				

OK semillero
OK semillero

2. Estudiantes de Pregrado Karol Giraldo y Paola Giraldo

FACULTAD DE INGENIERIA Coordinación Académica Programa Académico de Ingeniería Química		ACTA DE SUSTENTACIÓN	
INFORMACIÓN GENERAL			
Título del trabajo		FECHA	DÍA MES AÑOS
Influencia del tamaño de partícula y concentración de bagazo sobre la morfología de carbonizados provenientes de mezclas bagazo-carbón		24	5 2019
Estudiante(s)		HORA	10:30 A.M.
Karol Yamir Giraldo Delgado		Código	201425641
Paola Andrea Giraldo Soto		Código	201423309
Nombre del director		Firma	
Ing. Juan Sebastian Guerrero Pérez		Juan S. Guerrero P.	
N/A	Nombre del codirector	Firma	
Ing. Edward Andres Garcia Saavedra		Firma	
N/A	Nombre del Asesor 1	Firma	
Nombre del Asesor 2		Firma	
COMITÉ EVALUADOR			
Nombre del evaluador		Firma	
Ing. Jaime José Acuña		Jaime J. Acuña	
Ing. Javier David Acuña Bedoya		Javier David Acuña B.	
EVALUACIÓN			
Escala de evaluación			
Deficiente	Aceptable	Regular	Bueno
1.0 - 2.9	3.0 - 3.4	3.5 - 3.9	4.0 - 4.4
			Muy bueno
			4.5 - 4.7
			Excelente
			4.8 - 5.0
Nota definitiva documento final (a diligenciar por el director del programa académico)		Nota	Ponderación
4.21		4.21	70%
Sustentación (a diligenciar por el jurado evaluador)		4.0	30%
NOTA FINAL		4.3	
OBSERVACIONES			
DEFINICIÓN Y COMPROMISOS MENCION			
Como evaluadores y de común acuerdo consideramos que, una vez realizada la sustentación, el trabajo merece mención y nos comprometemos a completar el trámite correspondiente para solicitarla.			
SI ☐ NO ☐ MERITORIA ☐ LAUREADA ☐			
La presente acta debe seguir a la notación del cumplimiento de todos los requisitos establecidos en la Resolución 23 de Febrero 17 de 2016.			
Firma del Director de Programa			

de semillero
de semillero

3. Estudiantes de Pregrado Alejandra Torres y Christian Medina

FACULTAD DE INGENIERÍA Coordinación Académica Programa Académico de Ingeniería Química		ACTA DE SUSTENTACIÓN					
INFORMACIÓN GENERAL							
Título del trabajo		FECHA	24 de 8 de 2016				
Monografía de carbonizados de mieles bagazo-carbón: Efecto del tamaño de partícula y concentración de bagazo		HORA	4:00 P.M.				
[Estudiante(s)]		201430681					
Alejandra Torres Velasco		201426716					
Christian Dubany Medina Ramirez							
Nombre del director		Firma					
Ing. Edward Andres Garcia Saavedra							
N/A	Nombre del co-director	Firma					
Ing. Juan Manuel Barrera Burgos							
N/A	Nombre del Asesor 1	Firma					
Nombre del Asesor 2		Firma					
COMITÉ EVALUADOR							
Nombre del evaluador		Firma					
Ing. Carmen Rosa Forero Amoreaga							
Ing. Francisco Velasco							
EVALUACIÓN							
Escala de evaluación:							
Deficiente	Aceptable	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente		
1.0-2.9	3.0-3.4	3.5-3.9	4.0-4.4	4.5-4.7	4.8-5.0		
Nota definitiva documento final (a diligenciar por el director del programa académico)					4.08	70%	2.863
Sustentación (a diligenciar por el jurado evaluador)					4.5	30%	1.35
NOTA FINAL					-		4.2
OBSERVACIONES							
DEFINICIÓN Y COMPROMISO MENCION							
Como evaluadores y de conformidad con lo establecido en la Resolución 28 de Febrero 17 de 2010							
Si ☐ NO ☐ MENTORIA ☐ LAUREADA ☐							
Firma del Director de Programa							

de semillas
de semillas

4. Estudiante de doctorado en Ingeniería Edward García

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Química



El COORDINADOR DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA - ÁREA
DE ÉNFASIS INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

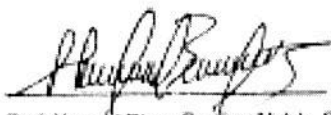
HACE CONSTAR QUE

✓
El Ingeniero Edward Andrés García Saavedra se encuentra vinculado a esta institución en calidad de estudiante de tiempo completo del programa de doctorado en Ingeniería con énfasis en Ingeniería química y estuvo matriculado en el semestre 2019-II.

El estudiante Edward García entregó su tesis doctoral a la coordinación del posgrado en Ingeniería química y actualmente se encuentra en proceso de evaluación.

La presente constancia se expide en Santiago de Cali, a los veinte (20) días del mes de enero de 2020.

Cordialmente,



Prof. Howardo Diego Ramirez Makula, Ph.D

Coordinador de Programas de Posgrados en Ingeniería Química
Escuela de Ingeniería Química
Universidad del Valle,
Cali, Colombia

Universidad del Valle
Ciudad Universitaria Medellín - A. A. 25.000
Teléfono: 511.26.25 - 116.23.26 Cali: 329.21.08 Ext. 7210.2440
http://ing.quimica.univalle.edu.co
Santiago de Cali - Colombia

5.

5. Estudiante de Maestría en Ingeniería Lyna Sabogal

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Química



EL COORDINADOR DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA - ÁREA DE
ÉNFASIS INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

HACE CONSTAR QUE

La Ingeniera Lyna Sabogal se encuentra vinculada a esta institución en calidad de estudiante del programa de maestría en ingeniería con énfasis en ingeniería química y estuvo matriculada en el semestre 2019-ii.

La estudiante Lyna Sabogal entregó su tesis de maestría a la coordinación del posgrado en ingeniería química y actualmente se encuentra en proceso de evaluación.

La presente constancia se expide en Santiago de Cali, a los veinte (20) días del mes de enero de 2020.

Cordialmente,

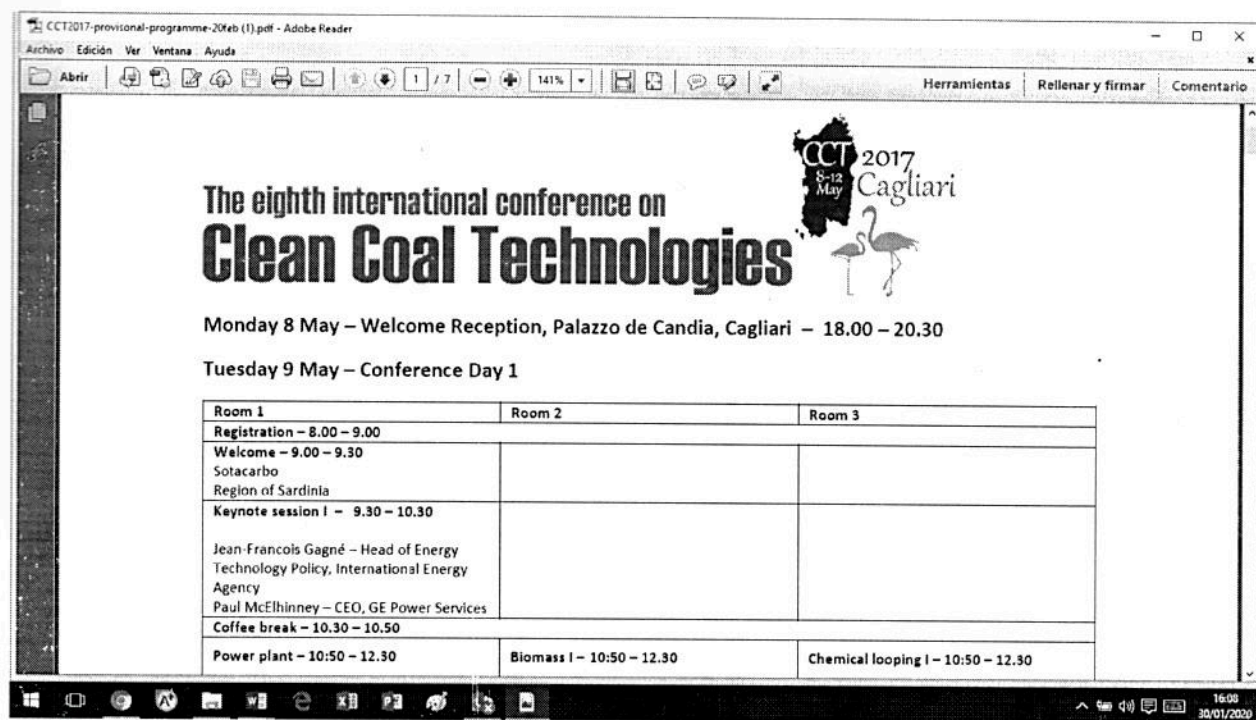


Prof. Howard Diego Ramirez Malule, Ph.D

Coordinador de Programas de Posgrados en Ingeniería Química.
Escuela de Ingeniería Química
Universidad del Valle,
Cali, Colombia.

Universidad del Valle
Ciudad Universitaria Meléndez - A. A. 25.160
Teléfonos: 321 26.05 - 326 23 35 Correo: 321 21.00 Ext. 2293-2440
<http://ing.quimica.univalle.edu.co>
Santiago de Cali - Colombia

Productos de divulgación (Anexo 3).



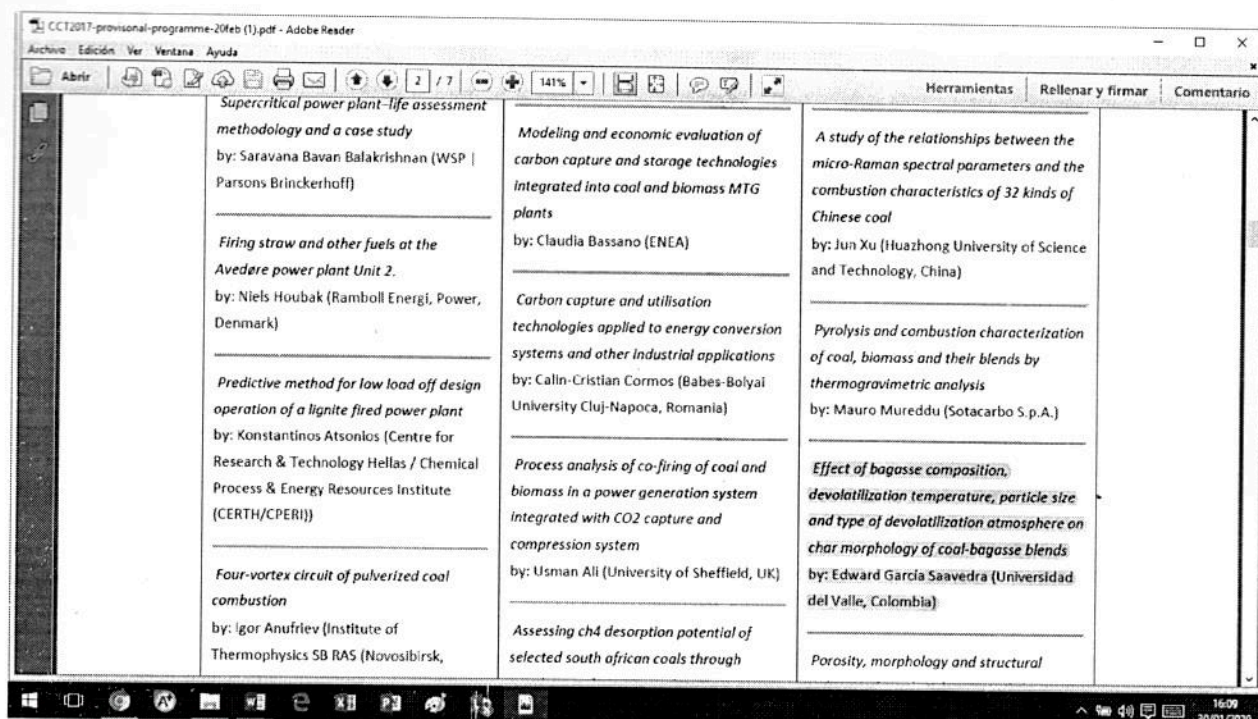
**The eighth international conference on
Clean Coal Technologies**

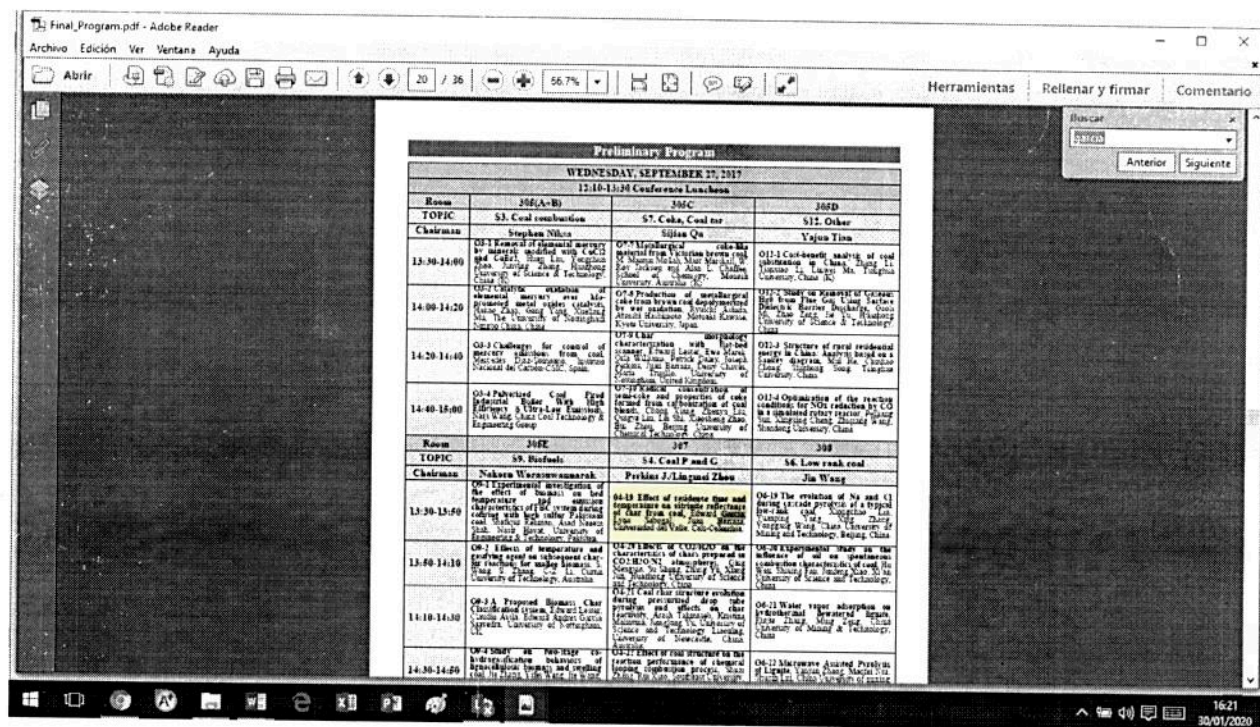
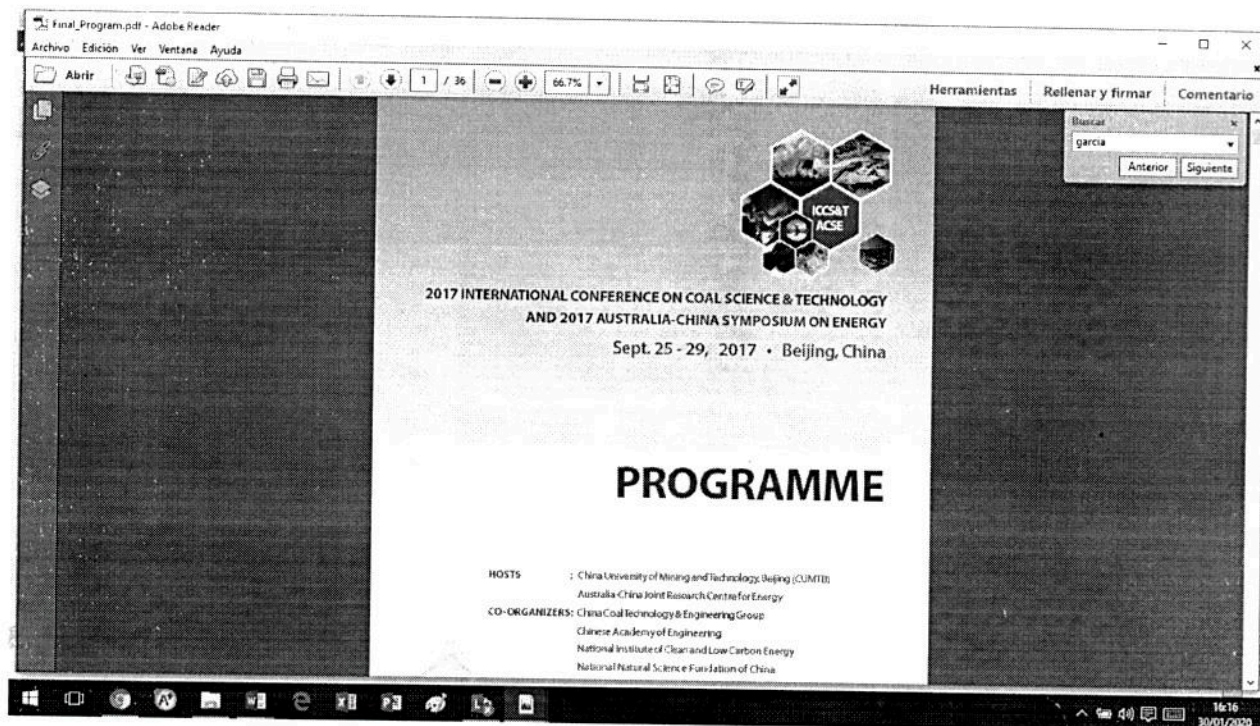
CCT 2017
8-12 May
Cagliari

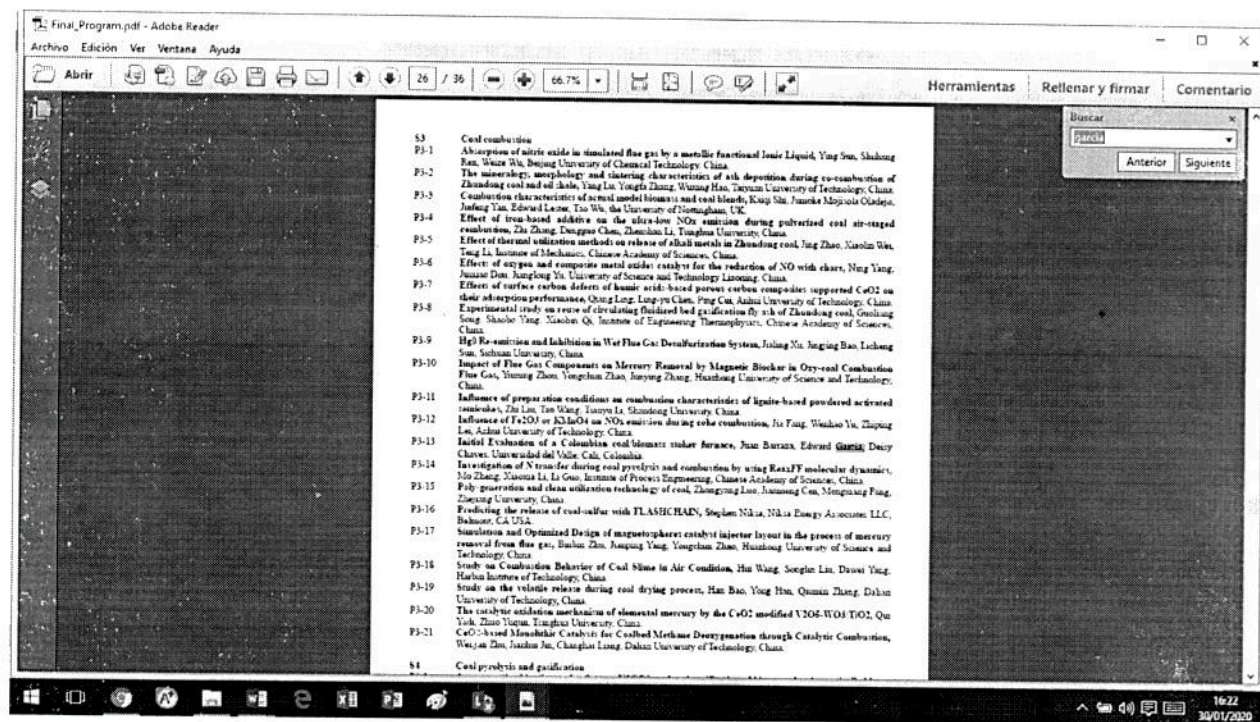
Monday 8 May – Welcome Reception, Palazzo de Candia, Cagliari – 18.00 – 20.30

Tuesday 9 May – Conference Day 1

Room 1	Room 2	Room 3
Registration – 8.00 – 9.00		
Welcome – 9.00 – 9.30		
Sotacarbo Region of Sardinia		
Keynote session I – 9.30 – 10.30		
Jean-Francois Gagné – Head of Energy Technology Policy, International Energy Agency Paul McElhinney – CEO, GE Power Services		
Coffee break – 10.30 – 10.50		
Power plant – 10.50 – 12.30	Biomass I – 10.50 – 12.30	Chemical looping I – 10.50 – 12.30









Conv 852-2019
Agosto 27/19

Propuesta de investigación (Anexo 4)

Título: *Densificación, torrefacción y combustión de residuos de poda, corteza de eucalipto y cascarilla de arroz como suministro sostenible de bioenergía*

Comprobación de radicación del proyecto en Colciencias:

*programa. liderado
por la prof
Carmen Rosa*

25/6/2019

Validación del proyecto

Validación del proyecto ^ x

Información del Radicado del proyecto

Título del Proyecto:
DENSIFICACION, TORREFACCION Y COMBUSTION DE RESIDUOS DE PODA,
CORTEZA DE EUCALIPTO Y CASCARILLA DE ARROZ COMO SUMINISTRO
SOSTENIBLE DE BIOENERGIA

Número del registro:
70418

Fecha de radicación:
28/08/2019 06:15 PM

Código de Verificación:
23390CFB950CDAC13A7985E1E66B07CB

Estado:
PENDIENTE

Imprimir