

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA LA EXTRACCIÓN DE CARBONATO DE CALCIO
DE LA CÁSCARA DE HUEVO RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DE OVOPRODUCTOS

YANURY RAMIREZ DIAZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
GIRARDOT
2020

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA LA EXTRACCIÓN DE CARBONATO DE CALCIO
DE LA CÁSCARA DE HUEVO RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DE OVOPRODUCTOS

YANURY RAMIREZ DIAZ

PROYECTO FINAL SEMINARIO ESPECIALIZADO

DIRECTOR
Dra. ANDREA VASQUEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
GIRARDOT
2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD DEL AUTOR SOBRE EL CONTENIDO

Título completo del proyecto:

- Desarrollo tecnológico para la extracción de carbonato de calcio de la cáscara de huevo residual de la industria de ovoproductos

Categoría del documento:

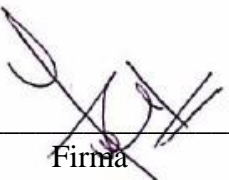
- Documento Original

El autor, que en la parte inferior de este documento firma,

DECLARA:

- Participo en el trabajo, por lo que autorizo la publicación y soy responsable del contenido.
- El trabajo es original, no fue publicado o que está siendo considerado para ser publicado, sea este en formato impreso o electrónico.
- El autor cumple los requisitos de AUTORIA mencionados en este documento.

Firma del Autor:


Firma

Yanury Ramirez Diaz
Nombre

Firmado en Girardot, a los dieciséis (16) días del mes de octubre de 2020.

DEDICATORIA

A mi Familia, este fruto del esfuerzo y tiempo ausente, es de corazón y amor profundo por continuar brindando lo mejor de mí a la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Doy la Gloria a Dios por permitirme terminar esta etapa académica, y acompañarme en cada dificultad presentada, por obrar en mi corazón y fortalecerme cada momento.

TABLA DE CONTENIDO

Nota de Aceptación	3
Declaración de Responsabilidad del autor sobre el contenido	4
Dedicatoria.....	5
Agradecimientos.....	6
Lista de Tablas.....	9
Lista de Figuras	10
Resumen	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
Planteamiento del Problema	14
Justificación	15
Objetivos.....	16
Capítulo 1: Cascara de Huevo residuo potencial.....	17
Diagrama de Flujo para la obtención de Carbonato de calcio a partir de cascaras de huevo	20
Simulación de proceso de extracción de carbonato de calcio.	20
Herramienta seleccionada para la optimización de proceso de extracción de carbonato de calcio de la cascara de huevo.....	22
Proceso de optimización.....	24

Infografía de Normativa Nacional	30
Pertinencia y Viabilidad	31
Conclusiones.....	31
Bibliografía.....	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Produccion de huevo en Colombia (Millones de Und)	17
Tabla 2. Residuos de Cascara industria Ovoproductos	18
Tabla 3. Residuos Planta Pasteurizadora Tolima	18
Tabla 4. Reporte de Datos	21
Tabla 5. Variables a prueba	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variación Generación de cascara	19
Figura 2. Resultado simulación en COCO	21
Figura 3. Eficiencia relativa de separación de carbonato de calcio vs. número de malla ...	22
Figura 4. Crear diseño de superficie.....	24
Figura 5. Definición de replicas.....	24
Figura 6. Definición de factores y rangos.....	25
Figura 7. Tabla de Diseño.....	25
Figura 8. Graficas de residuos.....	26
Figura 9. Paso para Analizar Diseño	26
Figura 10. Graficas de Superficie Respuesta.....	27
Figura 11. Configuración de Optimizador	27
Figura 12. Resultados de Optimización	28
Figura 13. Grafica Optimización de Respuesta.....	28
Figura 14. Infografía de Normatividad Vigente.....	30

RESUMEN

Es importante resaltar que la cascara de huevo es un residuo generado no solo por los hogares, sino también por la industria de ovoproductos, que suministra el huevo líquido pasteurizado como materia prima de procesos industriales en la elaboración de salsas, tortas, entre otros. El volumen de cascara residual de las empresas de ovoproductos puede llegar a las 30 ton por mes en una planta, como es la de interés de este proyecto. Al saber que en la cascara de huevo el 94% de su contenido es carbonato de calcio, permite que pueda ser aprovechada al ser extraído este componente, al someterse a procesos de lavado, drenaje, secado y molienda, que puede ser tamizado de acuerdo al tamaño de partícula de interés por parte del mercado que lo requiera, el cual es deseable en términos generales menor a 1mm, para facilitar su absorción, como es en el caso de los suplementos o alimentos funcionales en los que se incluye. Al simular dicho proceso en el Software COCO, es evidente que para este caso no corresponde a un proceso químico su extracción, si no más de tipo físico, lo que limitó la ejecución de las etapas simuladas, al haber trabajado con operaciones similares pero que requerían dos o más compuestos, y para este caso se utilizó el agua, invitando claramente a evaluar para este tipo de procesos otra herramienta de simulación, aun cuando permitió el aprendizaje en el uso y aplicación de este software en procesos que incluyan reacciones químicas, para otros casos.

Al seleccionar herramientas adecuadas de optimización para procesos, e identificar la técnica a utilizar en procesos biotecnológicos, para este caso en la extracción de carbonato de calcio, se conocieron diferentes herramientas con diferentes alcances, entre las cuales se identificó el Minitab, software estadístico, en el cual se eligió la metodología de superficie de respuesta, diseñando, analizando y optimizando el proceso de tamizaje específicamente, al considerar la granulometría del carbonato de calcio como un parámetro importante a asegurar en el producto terminado, arrojando como resultado la velocidad (RPM), Tamaño de Malla y eficiencia relativa, para el tamaño de partícula deseado de 0.250 mm, siendo posible optimizar de esta manera el proceso de tamizaje en la obtención de carbonato de calcio a partir de cascara de huevo, con una herramienta de optimización disponible y de fácil manejo, asegurando el cumplimiento de parámetros del producto a incluir, como en este caso en un suplemento alimenticio.

Palabras clave: Huevo, Residuo, cáscara, carbonato de calcio, alimento funcional, secado, molienda, simulación, extracción, procesos físicos, ovoproductos, secado, tamizaje, granulometría, herramienta, datos, mejora, variables.

ABSTRACT

It is important to highlight that the eggshell is a waste generated not only by households, but also by the egg product industry, which supplies pasteurized liquid eggs as raw material for industrial processes for the production of sauces, cakes, among others. The residual shell volume of egg product companies can reach 30 tons per month in a plant, as is the interest of this project, knowing that in the eggshell, 94% of its content is calcium carbonate, allows it to be used when this component is extracted, by undergoing washing, draining, drying and grinding processes, which can be sieved according to the particle size of interest by the market that requires it, which is desirable in general terms less than 1mm, to facilitate its absorption as is the case of supplements or functional foods in which it is included. When simulating this process in the COCO Software, it is evident that in this case its extraction does not correspond to a chemical process, if not more of a physical type, which limits the execution of the simulated stages, having worked with similar operations but that required two or more compounds, and for this case water was used, clearly inviting to evaluate another simulation tool for this type of process, even though it allowed learning in the use and application of this software in processes that include chemical reactions, for others cases.

By selecting appropriate process optimization tools, and identifying the technique to be used in biotechnological processes, for this case in calcium carbonate extraction, different tools with different scopes were known, among which Minitab, statistical software, was identified, in which the response surface methodology was chosen, designing, analyzing and optimizing the screening process specifically, when considering calcium carbonate granulometry as an important parameter to be ensured in the finished product, resulting in speed (RPM), Mesh Size and relative efficiency, for the desired particle size of 0.250 mm, thus optimizing the sieving process in obtaining calcium carbonate from eggshell, with an optimization tool available and easy to use, ensuring compliance with parameters of the product to include, as in this case in a dietary supplement.

Keywords: Egg, Residue, shell, calcium carbonate, functional food, drying, grinding, simulation, extraction, physical processes, egg products, drying, screening, granulometry, tool, data, improvement, variables.

INTRODUCCIÓN

Actualmente hay una gran disponibilidad de residuos que no son aprovechados, lo cuales llegan a contener compuestos orgánicos e inorgánicos, de gran potencial de aprovechamiento a nivel industrial, como es el caso del carbonato de calcio contenido en las cascaras de huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2020), el cual puede ser utilizado en diferentes industrias como por ejemplo, en la formulación de alimentos funcionales en la industria de alimentos, en dietas de alimentación animal y hasta en procesos de conservación de vinos. La cantidad de cascaras de huevo generadas después de su uso es bastante, por el alto consumo per cápita de huevo en el país, pero el gran potencial de aprovechamiento está en la industria de ovoproductos dedicada a la pasteurización de huevo líquido con destino a las formulaciones de la industria nacional de alimentos producidos bajo marcas de pastelería, repostería y salsas, entre las que se encuentra Bimbo, Colombina, Comapan, Unilever, Noel, PepsiCo, Ramo, entre otros (Moreno, 2020).

El proceso de extracción de calcio a partir de cascaras de huevo incluye etapas importantes como el lavado y/o limpieza, necesarias para garantizar la pureza del producto final a obtener, así como el secado y molienda que determinan el tamaño de partícula vital para facilitar su asimilación. (BERMUDEZ, 2017)

Al realizar la identificación de herramientas disponibles para la optimización de procesos, es alta la cantidad de material y metodologías disponibles para la mejora de los procesos, lo cual debe considerarse al momento de iniciar cualquier proyecto tecnológico, o en el caso de requerir mejoras en las operaciones que ya estén instaladas y se identifique necesidades de optimización, no solo de recursos sino también de cumplimiento de parámetros, independientemente del tipo de proceso que se trate. Es importante identificar las variables que se quieren mejorar, (Pulido, 2009) y las condiciones actuales de operación, partiendo de datos confiables, que permitan modelar las situaciones o procesos de manera objetiva lo cual lleve a tomar decisiones acertadas, al apoyarse en herramientas de aplicación inmediata para solucionar un problema, o macro cuando se trate de procesos que involucren reacciones químicas, o garantizar parámetros, como el caso de la granulometría en la obtención de carbonato de calcio a partir de cascaras de huevo. (BERMUDEZ, 2017).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cascara de huevo es un residuo común en los hogares colombianos, el cual es dispuesto con destino a los rellenos municipales dentro de los desechos domésticos sin ser aprovechado. Así mismo existen empresas dedicadas a la pasteurización de huevo líquido, donde a diario se quiebran entre 10.000 a 15.000 huevos, e igualmente es desechada la cascara, sin ser aprovechada de ninguna manera, en especial cuando es conocido el alto contenido de carbonato de calcio, que es de interés para diferentes industrias como la cosmética, pinturas, alimentación animal, e inclusión en suplementos alimentarios.

Es importante mencionar que existe en la región una planta, pero, así como esta hay unas siete a ocho plantas que realizan la misma labor en el país, lo cual aumenta el potencial de disponibilidad de residuo, así como la oportunidad de contar con las empresas generadoras que tienen un enfoque de sostenibilidad, interesadas cada día en aprovechar los residuos, considerando además incluirlo como ingrediente en las dietas de las aves en sus propias granjas o como enriquecimiento de los acondicionadores de suelo o abonos orgánicos procesados a partir de la gallinaza de las granjas, o en caso contrario suministrarlo a industria de suplementos alimenticios.

Por lo cual se hace la pregunta: ¿Es viable el desarrollo tecnológico del proceso de extracción de carbonato de calcio a partir de la cascara residual de la industria de ovoproductos?

JUSTIFICACIÓN

Se considera pertinente esta propuesta de desarrollo tecnológico al partir de la necesidad de aprovechar un residuo disponible como lo es la cascara de huevo generado en una industria de la región. Así mismo al poder contar con el conocimiento a adquirir en el curso, lo cual permite simular las operaciones a las cuales se someterá el residuo cascara de huevo para la obtención de carbonato de calcio, lo cual permitirá evaluar la viabilidad, las variables a controlar y optimización de este proceso, con la alternativa de poder ejecutar la iniciativa por parte de la empresa que suministro la información de volumen de residuos en el último mes, y que puede dar un historial completo para soportar los cálculos que se deban realizar.

OBJETIVOS

- General

Identificar el potencial de aprovechamiento de la cascara de huevo residual de la industria de ovoproductos, a partir de la simulación y optimización del proceso de extracción de carbonato de calcio.

- Específicos

Estudiar las cifras de disponibilidad y el proceso al cual podrá ser sometida la cascara de huevo para la extracción eficiente del carbonato de calcio.

Establecer el proceso a seguir para la extracción de carbonato de calcio a partir de la cascara de huevo.

Evaluar las condiciones de obtención, la disponibilidad de residuos y la normativa aplicable.

Realizar simulación del proceso de extracción de carbonato de calcio estableciendo su viabilidad.

Optimizar el proceso de tamizaje para garantizar el cumplimiento del tamaño de partículas del calcio obtenido haciendo uso de una de las herramientas identificadas en el desarrollo de esta actividad.

CAPÍTULO 1: CASCARA DE HUEVO RESIDUO POTENCIAL

El huevo se considera uno de los alimentos de mayor contenido nutricional, y la cascara contiene gran parte de ellos, al estar compuesta por un 94% de carbonato cálcico (Instituto de Estudios del Huevo, 2020), entre otros. En la actualidad se habla de las deficiencias nutricionales asociadas a minerales como el calcio, el cual se encuentra en la cascara del huevo y según investigaciones puede llegar a contener hasta 2 gramos de calcio cada cascara completa. (Bruno Geller, 2014). Así mismo se puede apreciar en el contexto internacional como la cascara de los huevos es desechada a los rellenos sanitarios, sin ser aprovechada como el ejemplo dado de lo que ocurre en los estados unidos. (Amazings.com, 2007).

Tabla 1. Produccion de huevo en Colombia (Millones de Und)

MESES ▲	2016 ▲	2017 ▲	2018 ▲	2019 ▲	2020 ▲
Ene	1.057	1.085	1.225	1.160	1.295
Feb	1.056	1.087	1.225	1.153	1.315
Mar	1.060	1.098	1.230	1.167	1.336
Abr	1.065	1.117	1.238	1.179	1.354
May	1.063	1.136	1.235	1.184	1.371
Jun	1.061	1.146	1.225	1.189	1.380
Jul	1.065	1.155	1.218	1.193	
Ago	1.074	1.175	1.212	1.207	
Sep	1.075	1.193	1.209	1.221	
Oct	1.078	1.208	1.211	1.235	
Nov	1.082	1.211	1.197	1.240	
Dic	1.082	1.216	1.183	1.255	
	Σ = 12.818	Σ = 13.827	Σ = 14.608	Σ = 14.383	Σ = 8.051

Fuente: Fenavi - Dane

Algo que ocurre igualmente en Colombia, donde la producción de huevo por mes esta alrededor de 1.300 millones de huevos al mes (Tabla 1. Producción de huevo en Colombia), para consumo en los hogares como en la industria, donde la participación de la cascara equivale al 11% del peso del huevo (Incluida membrana y residuos de clara o yema), estos residuos son descartados como residuo para relleno, y de ese total de producción nacional, se destina el 2% para la elaboración de ovoproductos, donde el volumen de cascara de huevo residual oscila alrededor de las 177 toneladas mes en el país (Tabla 2. Residuos de Cascara industria ovoproductos), producida por 7 plantas ubicadas en diferentes regiones. Para el caso de estudio de esta propuesta se cuenta con la información específica de la una planta de pasteurización de huevo liquido ubicada en el Tolima, que genera 30 ton en promedio al mes. En el último mes descendió a 22 toneladas, la menor cifra en los últimos 3 años (Tabla 3. Residuos de Planta pasteurizadora Tolima) de cascara de huevo desechadas (Moreno, 2020), con un alto potencial de aprovechamiento.

Tabla 2. Residuos de Cascara industria Ovoproductos

MESES	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	140	143	162	153	171
Febrero	139	144	162	152	174
Marzo	140	145	162	154	176
Abril	141	147	163	156	179
Mayo	140	150	163	156	181
Junio	140	151	162	157	182
Julio	141	152	161	157	-
Agosto	142	155	160	159	-
Septiembre	142	157	16	161	-
Octubre	142	159	160	163	-
Noviembre	143	160	158	164	-
Diciembre	143	158	156	166	-

Fuente: Propia

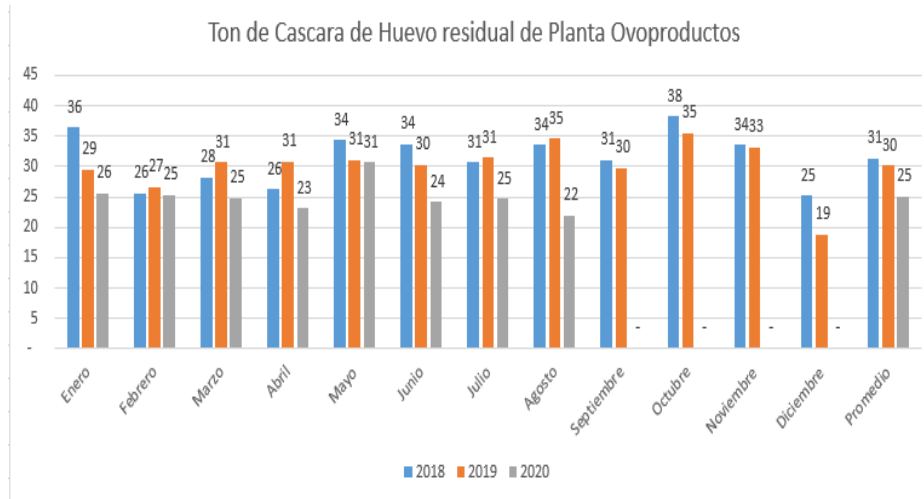
Por lo cual se pretende desarrollar un modelo tecnológico que potencialice el uso de este residuo para extraer el calcio contenido y disponer de esta para la industria, en especial para usar en la formulación de alimentos funcionales con destino al consumo humano, ya probados en diferentes estudios (Figuroa, 2007).

Tabla 3. Residuos Planta Pasteurizadora Tolima

Mes	2018	2019	2020
Enero	36	29	26
Febrero	26	27	25
Marzo	28	31	25
Abril	26	31	23
Mayo	34	31	31
Junio	34	30	24
Julio	31	31	25
Agosto	34	35	22
Septiembre	31	30	-
Octubre	38	35	-
Noviembre	34	33	-
Diciembre	25	19	-
Promedio	31	30	25

Fuente: Moreno, N.- Propia

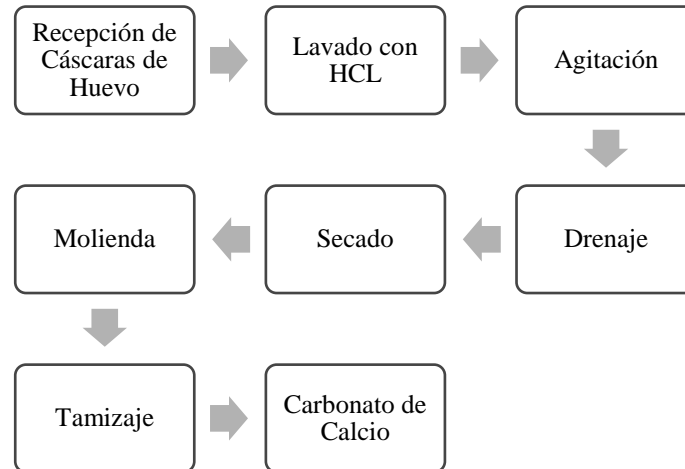
Figura 1. Variación Generación de cascara



Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la disponibilidad de información y necesidad real de la industria, se considera pertinente proponer a la planta de ovoproductos de la ciudad de Ibagué, contar con su apoyo para el proyecto a desarrollar con el fin de poder evaluar las variables del residuo partiendo de la caracterización e información que puedan tener, así como de la posibilidad de análisis de laboratorio o pruebas de simulación en sus instalaciones, y muestras del residuo de interés, con el fin de llevar a cabo la ejecución del proyecto. Para la ejecución del proyecto se considera operaciones, que permitan no solo asegurar la obtención del producto final, sino que cumpla con características microbiológicas esperadas para incluir en un alimento funcional, partiendo de que, por su alto contenido proteico, el residual de huevo que queda en la cascara puede presentar crecimiento importante de microorganismos no deseables. Por lo que se considera importante el lavado del material previo a ser procesado, seguido de un drenaje y secado, para finalmente ser pulverizado por molienda, y tamizado de acuerdo al tamaño de partícula objeto del mercado de interés, el cual se cree con mayor oportunidad para la industria de alimentos funcionales como suplemento alimenticio.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DE CARBONATO DE CALCIO A PARTIR DE CASCARAS DE HUEVO



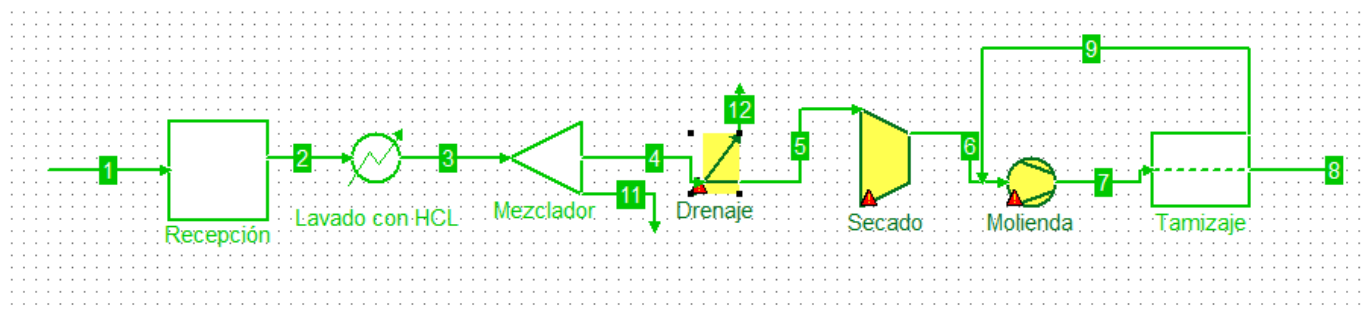
Fuente: Propia

Las etapas mencionadas de proceso, son a modo general el recorrido que harían las cáscaras de huevo desde la recepción, que incluyen un pesaje y acondicionamiento, seguido de un lavado en tanque con ácido clorhídrico, para desprender las membradas y residuos de huevo interno, pasando a una agitación con el fin de asegurar el retiro total, para luego drenar y someter a secado la cáscara, con el fin de facilitar la pulverización en la molienda, hasta llevar a las partículas del tamaño deseado, condicionando el producto que presente mayor tamaño a retornar a la molienda, para aprovechar el 100% de material, que luego debe ser sometido a estudio para evaluar su % de pureza.

Simulación de proceso de extracción de carbonato de calcio.

Para el desarrollo en el simulador del software COCO, se utilizaron diferentes operaciones unitarias, que tuvieran relación con los procesos físicos del proceso de obtención carbonato de calcio a partir de las cáscaras de huevo. Iniciando desde la recepción (Operación Unitaria) que incluye el alistamiento del material y pesaje con una entrada de flujo de 100 kg/Hora, luego se agregó una siguiente etapa de lavado con ácido clorhídrico a alta temperatura (Generador de calor) con el objeto de desprender el material residual diferente a la cáscara, pasando a un agitador (Mezclador de una entrada), para entregar a un drenaje (Separador), y sometiendo a secado (Turbina), llegando a la molienda (Triturador), y por ultimo una separación por tamaño en tamices (Separación), que permitiera la obtención del producto y retorno a molienda de las particular que fueran mayor al tamaño deseado. (Figura 2.)

Figura 2. Resultado simulación en COCO



Fuente: Simulador COCO - Propia

Al ingresar el material se utilizó el agua, a un flujo de 100 kg/hora, como una de las variables importantes en este tipo de procesos, donde se debe garantizar la estabilidad del mismo, hasta llegar al final, teniendo en cuenta las salidas que se pueden presentar por el secado, y pérdidas durante el drenaje del agua con ácido clorhídrico de lavado, que se espera este alrededor del 25-30%, del volumen total ingresado. Adicional se considera necesario controlar la temperatura, en especial en la etapa de lavado, ya que permite actuar a su vez como desinfectante, y en el caso del secado para mantener el flujo adecuado y evitar reprocesos, que terminen afectando además en ciertos casos, la molienda, ya que se debe garantizar una humedad 0, o máxima hasta del 5%.

Analisis de resultados.

Para el ejercicio simulado, es claro que se pudieron ingresar y modificar las variables de temperatura y flujo al inicio, en el caso del flujo este después de la mezcla, y drenaje no fue posible mantener el balance de masa esperado, ya que las proporciones al ser ingresadas, no permitían el flujo, puesto que las operaciones seleccionadas esperaban salida de dos o más compuestos en dichas etapas lo que afecto en cadena desde el drenaje, secado y molienda, permitiendo finalmente la separación, pero con retorno de todo el material a molienda, sin generar un flujo de salida de producto.

Tabla 4. Reporte de Datos

Stream	1	2	3	4	5	6	7	11	12	8	13	Unit
Pressure	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	bar
Temperature	25.0	25.0	75.0	75.0	75.0	67.1	67.1	75.0	75.0	67.1	67.1	°C
Flow rate	100.0	100.0	100.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	-	-	50.0	kg / h
Mole frac Water	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

Fuente: Simulador COCO – Propia

HERRAMIENTA SELECCIONADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CARBONATO DE CALCIO DE LA CASCARA DE HUEVO

Se selecciona una herramienta estadística, soportadas por el Software Minitab, específicamente la Optimización de procesos con metodología de superficie de respuesta la cual permite ajustar los datos a un diseño de experimentos (Pulido, 2009), al considerar que permitirá evaluar objetivamente las variables que aplican para el tamizaje en este caso, como parte final del proceso de obtención de carbonato de calcio.

1. Desarrollo de Metodología seleccionada

Para desarrollar esta metodología se considera la importancia de la granulometría del carbonato de calcio obtenido después de ser sometido al proceso de extracción, exactamente en la etapa de tamizaje, donde se pueden obtener diferentes tamaños de partículas, partiendo de la malla que se coloque al tamiz, así como la velocidad y eficiencia relativa (Figura 3).

Figura 3. Eficiencia relativa de separación de carbonato de calcio vs. número de malla

Número de malla	Tamaño de los orificios	Eficiencia relativa
< 8	> 2.36	0
8 – 20	2.36 - 0.85	20
20 – 40	0.85 - 0.42	40
20 – 60	0.85 - 0.25	60
> 60	< 0.25	100

* Número de orificios por pulgada cuadrada

Fuente: (BERMUDEZ, 2017)

- Variables a optimizar

Al seleccionar la metodología de superficie de respuesta, se espera saber a qué velocidad y con qué tamaño de malla, se obtiene el tamaño de partícula deseado, para ser utilizado como ingrediente en la elaboración de suplementos, el cual normativamente debe estar por debajo de 1 milímetro. De esta manera se espera optimizar la etapa de tamizaje, y de esta manera incrementar la producción, al no tener que reprocesar el material que no cumpla con el tamaño deseado.

Rangos aproximados de estudios

- Tamaño de partícula: 0,125 mm, 0.250 mm hasta 1.0 mm.
- Velocidad: 10 RPM, 15 RPM, y 20 RPM.
- Eficiencia relativa: 60, 80 y 100.
- # Malla: 20, 40 y 60 (Orificios por pulgada cuadrada).

Factores que afectan el comportamiento de las variables

- En el caso del carbonato de calcio obtenido de las cascarras de huevo, se requiere evaluar la granulometría (BERMUDEZ, 2017) de las partículas obtenidas con el fin de evaluar su absorción al momento de ser incluido en un suplemento alimentario.

Para poder iniciar el análisis de las variables a relacionar, se relacionaron en diferentes condiciones los tamaños de partícula a obtener (Tabla 5), estructurando el diseño experimental a correr.

Tabla 5. Variables a prueba

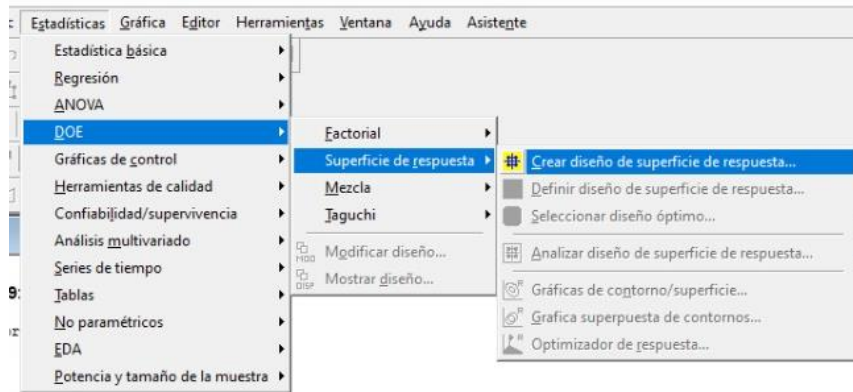
Velocidad (RPM)	Eficiencia Relativa	Tamaño Orificio (# Malla)	Tamaño partícula (mm)
10	60	20	0.55
10	80	20	0.56
10	80	20	0.25
10	100	20	0.25
15	60	20	0.65
15	60	20	0.34
15	80	20	0.34
15	100	20	0.35
15	100	20	1.2
20	60	20	1.2
20	80	20	0.224
20	80	20	0.255
20	100	20	0.255
10	60	40	0.82
10	60	40	0.345
10	80	40	0.345
10	100	40	0.45
10	100	40	0.56
15	60	40	0.56
15	80	40	0.22
15	80	40	0.126
15	80	40	0.56
15	80	40	0.55
15	80	40	0.125
15	80	40	0.125
15	100	40	0.126
20	60	40	0.23
20	60	40	0.35
20	80	40	0.35
20	100	40	0.125
20	100	40	0.565
10	60	60	0.565
10	80	60	0.755
10	80	60	0.245
10	100	60	0.245
15	60	60	1.025
15	80	60	0.125
15	100	60	0.25
15	100	60	0.25
20	60	60	0.565
20	80	60	0.355
20	80	60	1
20	100	60	1

Fuente: Propia

PROCESO DE OPTIMIZACIÓN

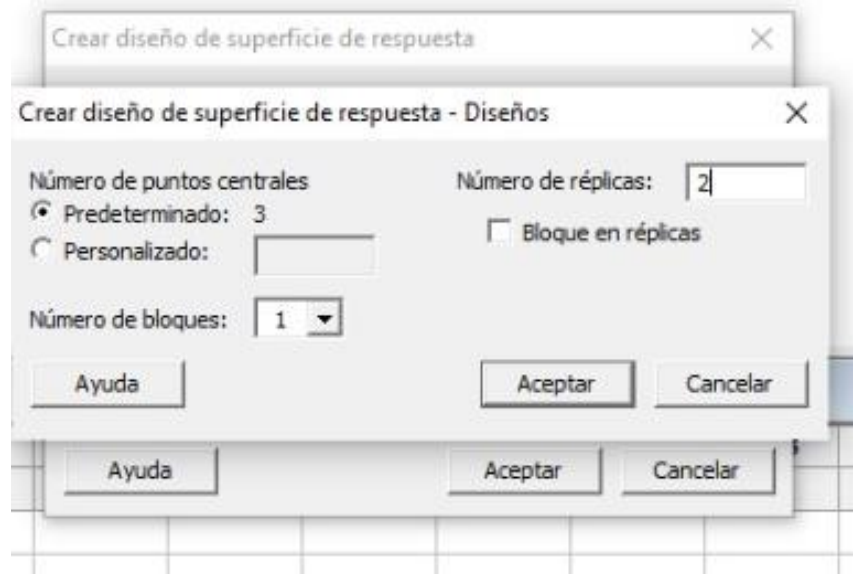
Se ingresa a Minitab, y se selecciona Estadística-DOE-Superficie de respuesta-Crear diseño de superficie de respuesta. (Figura 4).

Figura 4. Crear diseño de superficie



Fuente: Propia (Minitab)

Figura 5. Definición de replicas



Fuente: Propia (Minitab)

Se escogen 2 réplicas, teniendo en cuenta el número de datos recolectados.

Figura 6. Definición de factores y rangos



Fuente: Propia (Minitab)

Aunque en la teoría la eficiencia está en rango 40, 60 y 100, para facilitar el diseño se trabajó con los valores 60, 80 y 100, y los rangos de los tamaños, siempre van desde donde finaliza uno hasta el próximo.

Figura 7. Tabla de Diseño

Puntos centrales: 6

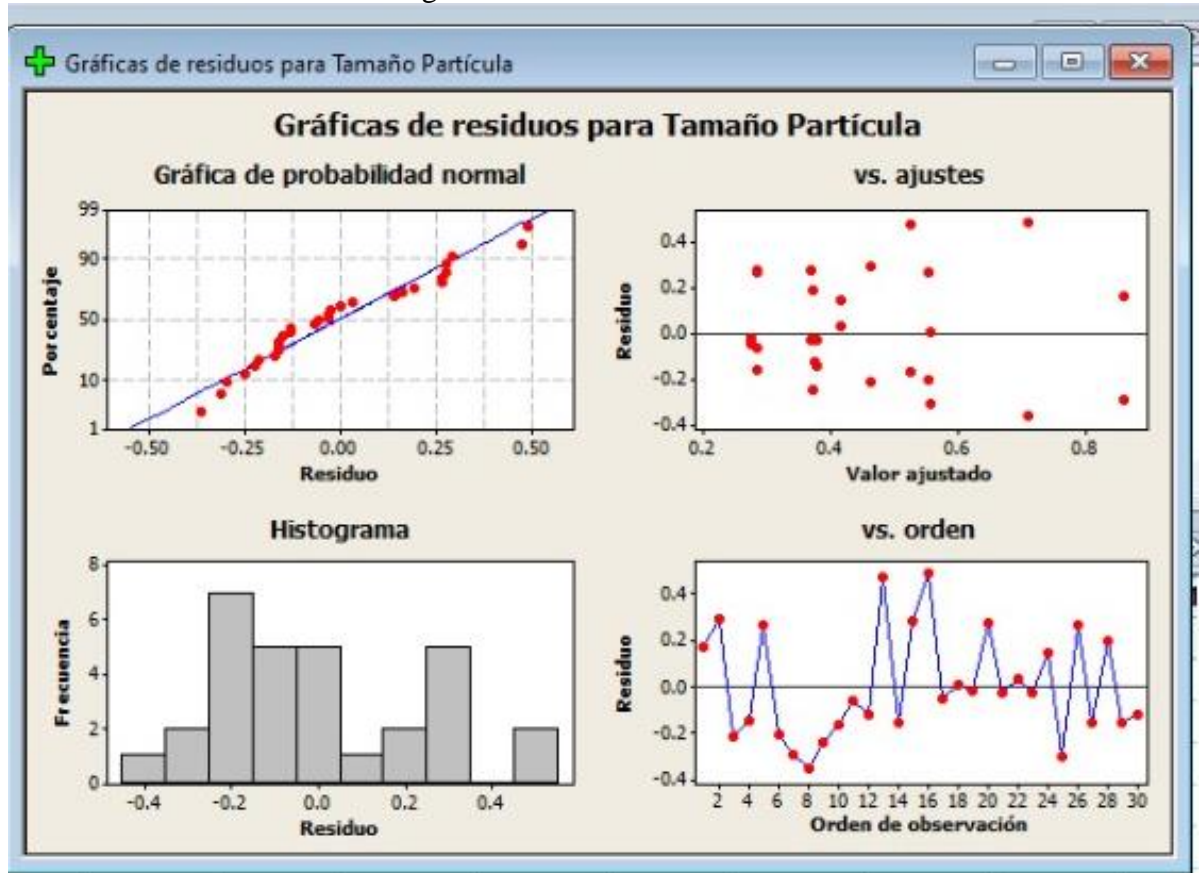
Tabla de diseño (aleatorizada)

Corrida	Blq	A	B	C
1	1	0	-	+
2	1	-	0	+
3	1	-	0	+
4	1	+	-	0
5	1	-	-	0
6	1	-	-	0

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Velocidad	Eficiencia	Tamaño Orificio	Tamaño Partícula
1	26	1	2	1	15	60	60	1.025
2	7	2	2	1	10	80	60	0.755
3	22	3	2	1	10	80	60	0.245
4	2	4	2	1	20	60	40	0.230
5	1	5	2	1	10	60	40	0.820
6	16	6	2	1	10	60	40	0.345
7	11	7	2	1	15	60	60	0.565
8	25	8	2	1	15	100	20	0.350

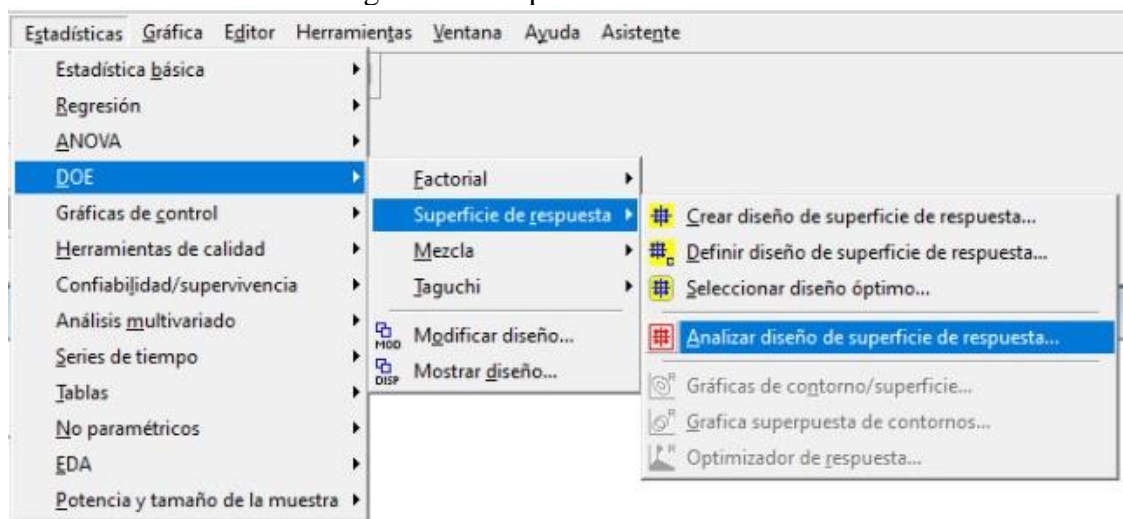
Fuente: Propia (Minitab)

Figura 8. Graficas de residuos



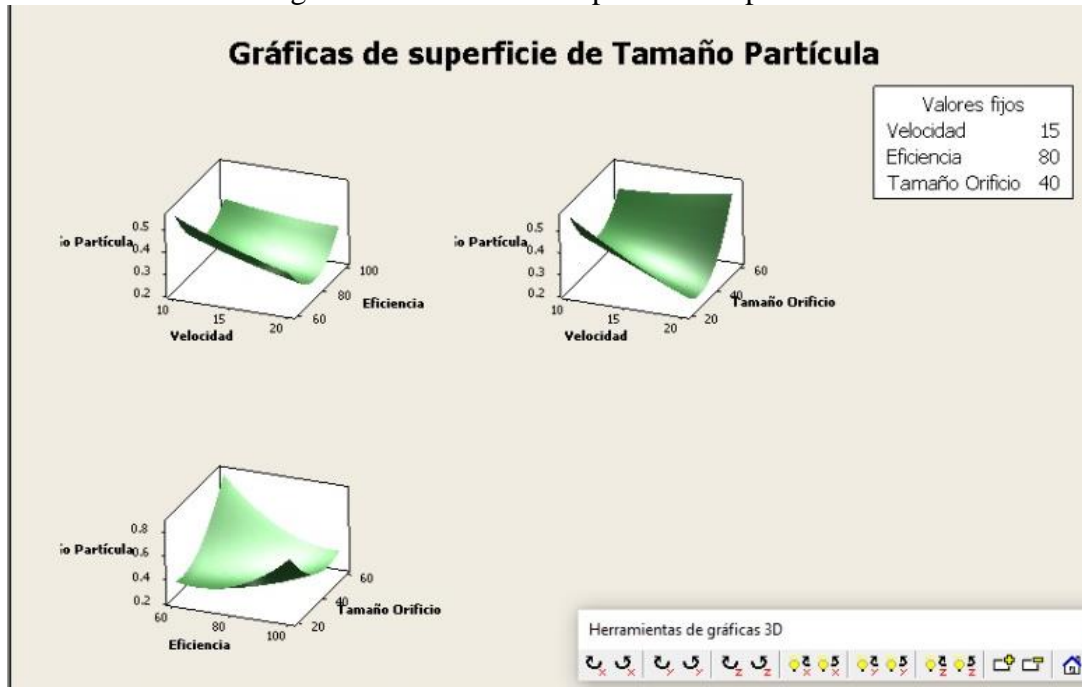
Fuente: Propia (Minitab)

Figura 9. Paso para Analizar Diseño



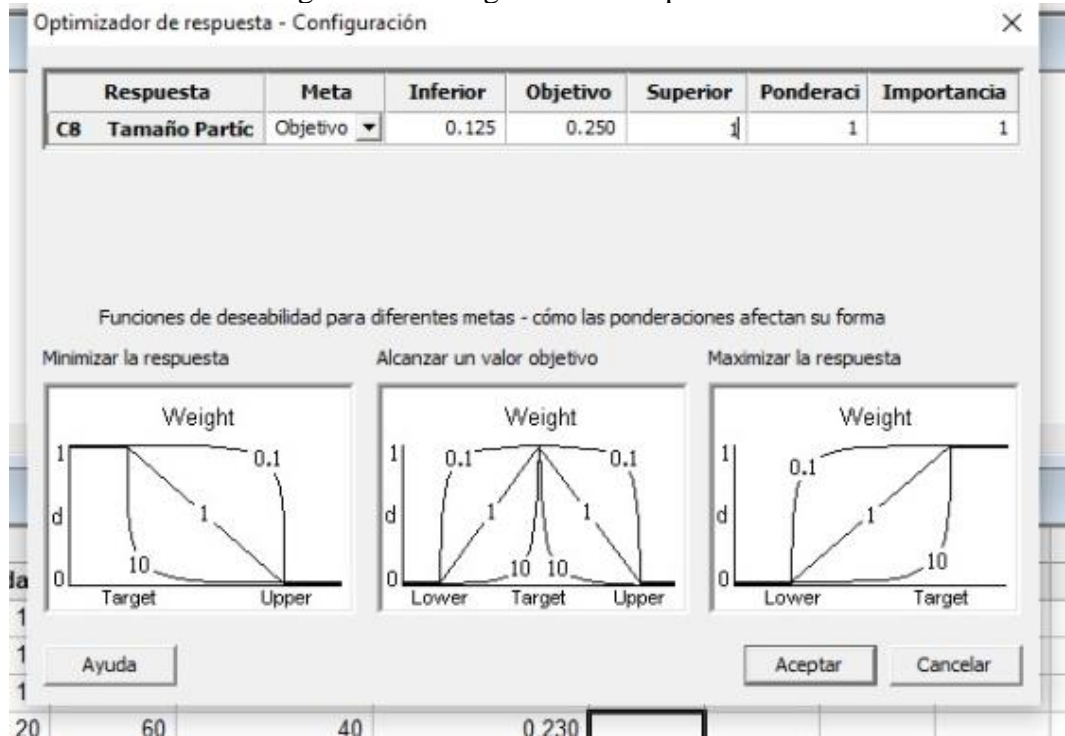
Fuente: Propia (Minitab)

Figura 10. Graficas de Superficie Respuesta



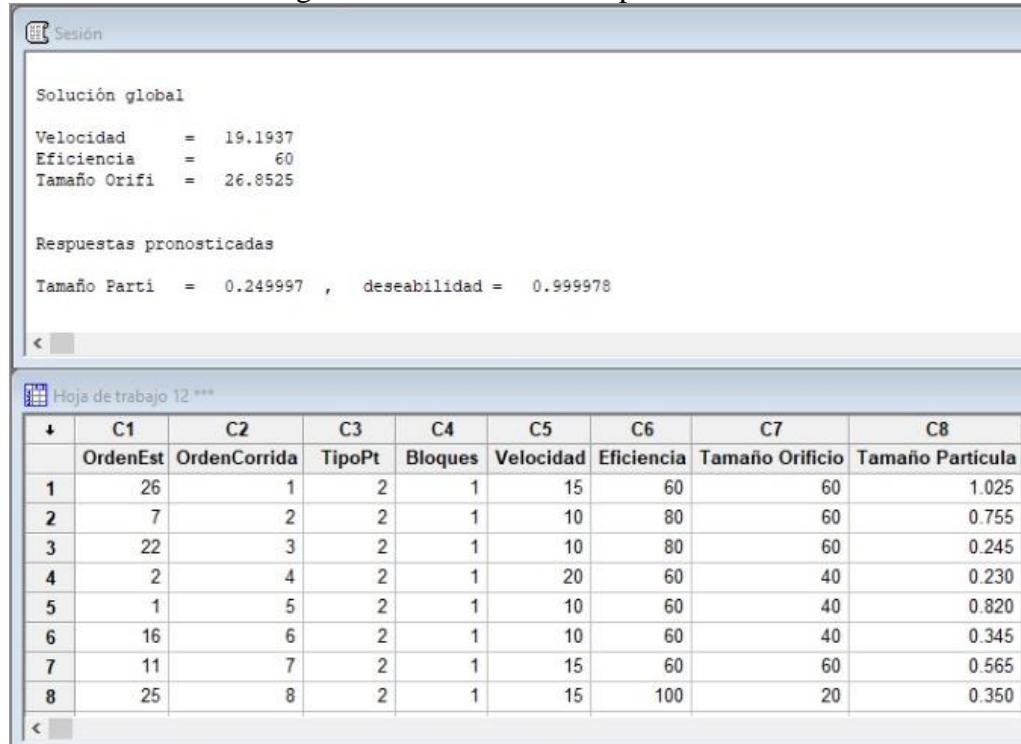
Fuente: Propia (Minitab)

Figura 11. Configuración de Optimizador



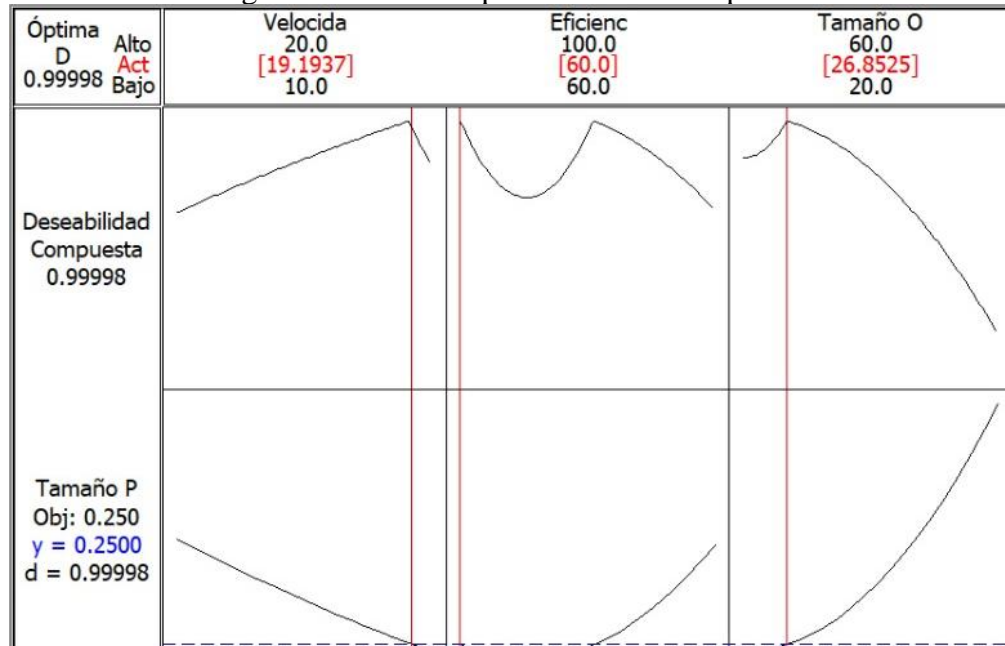
Fuente: Propia (Minitab)

Figura 12. Resultados de Optimización



Fuente: Propia (Minitab)

Figura 13. Grafica Optimización de Respuesta



Fuente: Propia (Minitab)

Analisis de resultados

- Al seguir cada uno de los pasos requeridos para llegar a la optimización del proceso de tamizaje, se observa en la figura 5, en la gráfica de residuos, que el tamaño de las partículas varia, aun cuando se observa en las gráficas de superficie de respuesta (Figura 7) unos valores fijos como los que estarían al margen del parámetro con variables: Velocidad 15, Eficiencia 80, y Tamaño Orificio 40, para el rango de partícula promedio.
- Al realizar la configuración del optimizador (Figura 8.) se define como objetivo el tamaño de partícula ideal en 0.250 mm, para lo cual es software calcula como solución: Velocidad: 19.1, Eficiencia 60, y Tamaño de Orificio: 26, y así obtener un tamaño de partícula de 0.249, dando una deseabilidad optima, para lograr mejorar las condiciones del producto terminado, con ajustes que son viables aplicar, al momento de querer instalar el proceso en sitio.

Figura 14. Infografía de normatividad vigente



Fuente: Propia Producto de consultas Normativas

PERTINENCIA Y VIABILIDAD

Al realizar la revisión de información referente a la obtención del carbonato de calcio a partir de cascaras de huevo, son diferentes materiales soporte que se encuentran a disposición como base para iniciar un desarrollo tecnológico, puesto que es un proceso que puede ser controlado al partir de la definición del flujo adecuado, acondicionamiento de materia prima, y secuencia lógica de proceso, que al acompañarse de simuladores básicos como los identificados en el desarrollo del seminario, facilitan y aseguran la toma de decisiones frente al montaje de la planta partiendo de un prototipo básico al ser un proceso sencillo, que no requiere gran intervención por parte técnica, y con variables claras de control. Es claro que de acuerdo al volumen a procesar se debe definir la capacidad de los equipos, vs. el tiempo de operación definida por la capacidad de proceso, que, si bien es cierto, debe definirse acorde a los requerimientos del cliente, que viene a jugar un papel importante al momento de definir los parámetros del producto terminado, basado fundamentalmente en la granulometría del carbonato de calcio a obtener, pues de esta depende la funcionalidad del biomaterial en el proceso que sea incluido. Es importante también considerar la optimización del proceso como una forma de llevar a un mejor nivel de desempeño los procesos, lo cual puede aumentar la capacidad de proceso, reducir costos y obtener un mejor producto. Es por esto que se considera pertinente la puesta en disposición de este desarrollo tecnológico, para el aprovechamiento de residual de cascara en la industria de ovoproductos, el cual hoy es un residuo con destino a relleno sanitario con un sobre costo de manejo, que podría aprovecharse como se planteo en el desarrollo del proyecto como suplemento alimento, u otros fines que sean considerados. Así mismo se considera viable evaluar en piloto por parte de la empresa de esta región, ya que cuentan con un laboratorio propio, que además de permitir simular el proceso a pequeña escala, puede determinar la pureza del carbonato de calcio a obtener y la posible inclusión de esta en el balance de dietas básicas para sus aves, o como complemento para enriquecer los acondicionadores o abonos orgánicos que allí producen a partir de otros residuos de las granjas de postura. Es interesante ver como a partir del estudio de esta alternativa de aprovechamiento de residuos, y considerando las políticas de desarrollo biotecnológico y los planes de desarrollo de la región, los beneficios al ser parte de una línea priorizada, que podría contribuir en gran manera a la generación de empleo y alternativa de desarrollo para la región, y considerando a mayor nivel un centro de acopio de este material, al realizar campañas de clasificación en la fuente por parte de los hogares, panaderías, restaurantes, y pequeñas industrias que procesan este mismo producto, aumentando el volumen de residuo a aprovechar e incluir en este desarrollo tecnológico, que sin lugar a duda permitirá obtener un producto de la mejor calidad, con un proceso previamente simulado y optimizado para obtener el mejor costo y rendimiento.

CONCLUSIONES

La cascara sometida a un proceso de limpieza y desinfección, es sometida a secado y molienda, y finalmente tamizada para obtener el tamaño de partícula requerido por el mercado destino, este producto resultante puede llegar a tener una pureza de hasta 40% de Calcio.

Al simular este proceso en el software COCO, se pudo evaluar el flujo y la temperatura aplicada en la desinfección, con oportunidad de revisión de las etapas de drenaje, secado y molienda, las cuales al ser operaciones de principio físico no se lograron simular como se esperaba, además de haber utilizado el agua como componente ingresado para dicha simulación.

Lo que invita a evaluar este tipo de proceso con otro software disponible, que permitan incluir a detalle las etapas una a una de este tipo de proceso, además realizar el balance de materia requerido para establecer el proceso, y estandarizarlo para garantizar el control y manejo adecuado de cada una de las operaciones incluidas en el diseño inicial del flujo de proceso.

El simulador COCO, permite ingresar variables de forma práctica, con la limitante a componentes a utilizar, así como a la configuración que se elija, donde se requiere cuidado para llevar a cabo la simulación, y se obtenga el producto deseado.

Se identificaron las principales herramientas de optimización de procesos, encontrando aplicaciones sencillas que pueden ser modeladas en hojas de cálculo, y basadas en teorías matemáticas, hasta software altamente desarrollados, los cuales son aplicables de acuerdo al tipo de proceso, y la necesidad específica.

El Minitab es una herramienta de fácil aplicación, que permite optimizar procesos, partiendo de un diseño experimental claro, asociado a las variables de interés que apliquen, y se acompañen de un adecuado análisis de datos.

Es posible optimizar el proceso de tamizaje en la obtención de carbonato de calcio a partir de cascara de huevo, con una herramienta de optimización disponible y de fácil manejo, asegurando el cumplimiento de parámetros del producto a incluir, como en este caso en un suplemento alimenticio.

BIBLIOGRAFÍA

- Amazings.com. (5 de 11 de 2007). *Noticias de la Ciencia y la Tecnología*. Obtenido de <https://www.amazings.com/ciencia/noticias/051107b.html>
- Bermudez, e. J. (10 de 10 de 2017). Determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del valle del santa. Chimbote, peru.
- Bruno Geller. (14 de 04 de 2014). *Agencia CyTA*. Obtenido de Instituto Leloir: <https://www.agenciacyta.org.ar/2014/04/proponen-la-cascara-de-huevo-como-fuente-de-calcio/>
- Cisneros, Estupiñán, Mireya. Cómo elaborar trabajos de grado. Capítulo 6. Estructura de los trabajos de grado. (2a. ed.) Ecoe Ediciones, 2012. Pp 129 - 148. Recuperado de <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/69019?page=113>
- Fenavi. (2020). Federación Nacional de Avicultores. Obtenido de <https://fenavi.org/informacion-estadistica/#1538599527297-00c49504-fad2>
- Figueroa, D. S. (25 de 05 de 2007). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5393/CONFERENCIA%20INVESTIGACION%20Y%20APLIC.%20CASCARA%20DE%20HUEVO-2.pdf>
- Grande Tovar, Carlos David (2016). Valoración Biotecnológica de residuos agrícolas y agroindustriales. Cali. Editorial Bonaventuriana. Figueroa, D. S. (25 de 05 de 2007). *FAO*. Obtenido de: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5393/CONFERENCIA%20INVESTIGACION%20Y%20APLIC.%20CASCARA%20DE%20HUEVO-2.pdf>
- Gonzalez Alvarez, Duban Ovidio. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales. Recuperado el 4 de septiembre de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1032/1/Aprovechamiento_residuos_agroindustriales_producci%C3%B3n_alimentos_funcionales.pdf
- Hernandez, Luz Helena (2011). Aprovechamiento de Subproductos agropecuarios. Sogamoso. UNAD.
- ICONTEC, N. T. C. (2018). 1486, Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Séptima actualización. pp 1 - 54. Recuperado de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normavw.aspx?ID=65730>
- Instituto de Estudios del Huevo. (2020). Instituto de Estudios del Huevo. Obtenido de https://www.institutohuevo.com/estructura_huevo/

- Moreno, N. (04 de 09 de 2020). Producción último Mes. (Y. R. Diaz, Entrevistador)
- Peñaranda Gonzalez, Laura Victoria. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. Doi:10.22490/21456453.2040
- Perez Barrios, Ana Belén. (2019). Propuesta de un proceso para la obtención de carbonato de calcio a partir de residuos de cascaras de huevo. DOI: 10.13140/RG.2.2.18625.20327
- Pulido, H. G. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Pulido, Humberto Gutierrez. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos*. Mc Graw Hill