

Diseño y construcción de un Prototipo de máquina para la producción de harina de papa criolla en el municipio de Cumbal (N) 2019

Keevyn Jhoann Burbano Rosero, Antonio Alexander Cumbal Pastas, Andrés Antonio Pérez Guamialamag
Corporación Universitaria Autónoma de Nariño
Pasto Nariño

keevynjhoann@gmail.com, antonio54610821@gmail.com.

Resumen — El prototipo de producción de harina de papa criolla se encarga de llevar a cabo los diferentes procesos para su elaboración, los cuales se llevan a cabo de la siguiente manera: lavado-pelado, cortado, molienda y secado. Para su construcción se tuvo en cuenta las normas de sanidad para laborar con productos alimenticios.

Cada uno de los procesos mencionados tiene su respectivo prototipo, que llevan una linealidad para que la producción sea más eficiente y rentable. La producción comienza con el lavado-pelado, el cual por medio de 6 rodillos que giran constantemente quitan la cascara de la papa y a su vez por medio de una motobomba de agua con su respectiva conexión en PVC se aplica agua a las papas para su respectivo lavado. La papa limpia ingresa al cortador el cual las vuelve en papa “fosforito” con unas cuchillas puestas al final de un tubo redondo mientras son presionadas con un punzón, esto con el fin de que en la molienda el tornillo sin fin las pueda moler de manera sencilla.

Después de moler la papa obtenemos una masa amarillenta que caerá directamente al secador, el secador tiene una tolva dentro de él, la cual esta perforada es su pared para que al momento que empiece a girar se pueda retirar la mayor cantidad de agua de la masa, a esto se le atribuye calor por medio de dos resistencias y una presión de vacío por medio de una bomba para que la masa solo tenga un 16% de humedad.

Después de aplicar el proceso de secado se retira la tapa del secador, se saca la tolva y se extrae la harina de papa criolla. Con esto se logra optimizar un proceso artesanal a uno industrial y semiautomático, que tiene en cuentas las normas de salubridad e higiene necesaria para la elaboración dándole a la industria panificadora un suplemento del 40% a la harina de trigo sin cambiar su sabor, olor, textura y otorgándole muchas vitaminas.

Abstract— The production line prototype is responsible for carrying out the corresponding processes at the time of making chia-based gelatins, which have been defined as follows: flouring, dough extrusion, cutting and

packaging. In the construction of the prototypes, health standards for working with food products were taken into account.

The Creole potato flour production prototype is in charge of carrying out the different processes for its elaboration, which are carried out in the following way: washing-peeling, cutting, grinding and drying. For its construction, the sanitation norms for working with food products were taken into account. Each of the processes mentioned has its respective prototype, which have a linearity so that production is more efficient and profitable. The production begins with the washing-peeling, which by means of 6 rollers that turn constantly removes the shell of the potato and in turn by means of a water pump with its respective connection in PVC water is applied to the potatoes for their respective washed. The clean potato enters the cutter which turns them into potato "phosphorito" with some blades placed at the end of a round tube while they are pressed with a punch, this in order that in the grinding the endless screw can grind them in a way simple.

After grinding the potato we obtain a yellowish mass that will fall directly to the dryer, the dryer has a hopper inside it, which is perforated is its wall so that when it starts to rotate you can remove as much water from the dough, to this heat is attributed by means of two resistances and a vacuum pressure by means of a pump so that the mass only has 16% humidity. After applying the drying process, remove the lid of the dryer, remove the hopper and remove the Creole potato flour. With this, an artisanal process can be optimized to an industrial and semiautomatic process, which takes into account the standards of health and hygiene necessary for the elaboration, giving the bakery industry a 40% supplement to wheat flour without changing its taste, smell, texture and giving you many vitamin.

Índice de Términos – lavado-pelado, cortado, molienda, secado, papa criolla, harina de papa.



I. INTRODUCCIÓN

En el municipio de Cumbal del departamento de Nariño durante el año 2013 la producción de papa fue de 336.783 toneladas, correspondiente al 67,4%, e los cultivos agrícolas producidos durante este año. A diferencia de que la producción de papa en Nariño durante el periodo de tiempo de 2010 a 2015, creció de manera constante de 425.045 toneladas a 514.020 toneladas, se puede afirmar que la mayor parte de la producción de papa en el departamento de Nariño pertenece al municipio de Cumbal.

En el municipio los cultivos de papa que se destacan son los de papa criolla, ya que “esta variedad tiene un ciclo de vida corto entre 110 a 120 días, e incluso se pueden presentar casos de 105 días”, y además es fuente significativa de vitaminas, minerales y proteínas.

“El corto tiempo de germinación de este tubérculo el cual se ha cuantificado en 15 días”, conlleva a que la papa después del octavo día de haber sido cosechada, empiece a cambiar las propiedades organolépticas; disminuyendo su calidad. A demás existen procesos para la obtención de harina de papa, los cuales siguen siendo artesanales, por ende, no se tienen todos los cuidados necesarios con las normas de higiene y no cumplen los estándares de calidad adecuados.

Ante esta problemática el agricultor se ve obligado a vender su producción como “Comida para cerdos”; donde la remuneración económica más alta que se puede llegar a recibir son cinco mil pesos el bulto (50 kg), pese a que el agricultor le ha dedicado todo su trabajo de cuatro meses y el dinero que la producción necesita para salir adelante, vender su cosecha a este precio es el único camino que le queda. Por otro lado, el resto de papa que no se pudo vender se destina para el autoconsumo del agricultor, pero al ser una cantidad demasiado grande para ser consumida en un tiempo tan corto termina por ser desechada en las orillas de los caminos de las zonas rurales para su descomposición.

Motivo por el cual se ha decidido crear un proceso semiautomático para la elaboración de harina de papa criolla, de muy buena calidad, que sea eficiente, amigable con el medio ambiente, cumpliendo con las normas legales y de higiene que deben llevar a cabo para su producción. De esta manera contrarrestar los efectos del mercado –caída de precios– cuando exista una sobreproducción del producto y ofrecer al agricultor una mayor utilidad de su producto.

II. OBJETIVOS

- Definir los requerimientos funcionales y no funcionales del diseño del prototipo de máquina para la producción de harina de papa criolla a partir de una revisión del estado del arte.
- Diseñar, calcular y elaborar planos del prototipo de máquina para la producción de Harina de papa criolla.
- Construir y ensamblar el prototipo de la máquina para la producción de Harina de papa criolla.
- Realizar pruebas de evaluación del funcionamiento del prototipo y elaborar un manual operativo, con el fin de verificar las condiciones finales.

III. METODOLOGÍA

En el presente proyecto se va a utilizar un método deductivo-inductivo. “El método deductivo: es aquel que parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular. El método inductivo: es aquel que parte de los datos particulares para llegar a conclusiones generales.” Por lo anterior este proyecto parte de la recolección de una serie de datos existentes, los cuales indican que en el proceso artesanal para la elaboración de gelatinas a base de chífa se presentan algunas delimitaciones, por lo cual se va a llevar a cabo el diseño y construcción del prototipo de máquina para la elaboración del producto mencionado el cual permite sobrepasar estas delimitaciones.

IV. REFERENTES TEÓRICOS

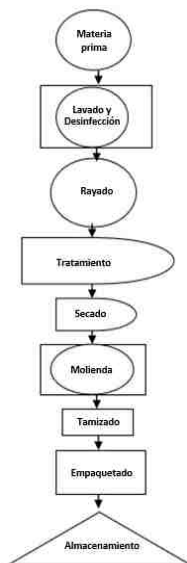
Se logró evidenciar que en San Juan de Pasto existen solo dos establecimientos que elaboran gelatinas a base de colágeno de pata de res, las cuales son semejantes en textura y sabor a las gelatinas a base de chífa, partiendo del análisis realizado por medio de una base de datos suministrada por el INVIMA el 17 de Marzo del 2017, en respuesta a solicitud realizada por el ICBF según oficio S-2017-12397-0101 para ser divulgada como medio de apoyo a la Estrategia de Compras Locales. De esta forma se logró determinar que el producto a comercializar tiene una competencia mínima en el mercado, con respecto al número de establecimientos distribuidores del mismo.

Hasta el día de hoy se han llevado a cabo numerosos experimentos exitosos de modificación genéticas de la papa criolla, a pesar de que esta variedad está dentro de los tubérculos que poseen, mayor aporte proteico, mayor concentración de carbohidratos, de vitamina C y de Hierro; una prueba de estos importantes acontecimientos se constata en el periódico El Tiempo “Hasta ahora la papa “dorada” ha mostrado niveles de producción significativamente mayores que las criollas tradicionales. También posee una resistencia tres veces mayor a la temible “gota”, y contiene 9.7 gramos de proteína por cada 100 gramos, mientras que la tradicional solo tiene 4 gramos. La “Dorada”, además, tiene mayores cantidades de hierro y zinc y las otras dos variedades, “ocarina” y “suapa” también superan a las tradicionales en

rendimiento y cualidades nutritivas.”¹. De este modo la papa criolla se ha puesto en la mira de las organizaciones mundiales que buscan combatir el hambre asociado con la pobreza extrema².

En la investigación realizada en la Universidad de Nariño por Alex Mauricio Narváez y Jarvey Ruano³, se diseña un método para producir harina de papa criolla que se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 1. Diagrama de la producción harina de papa criolla.



Fuente: NARVAES, M y RUANO, Plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de harina de papa criolla para la industria de panificación en el municipio de Ipiales departamento de Nariño. Trabajo de grado profesional en Comercio Internacional Y mercadeo. San Juan de Pasto.: Universidad de Nariño. Facultad de ciencias económicas administrativas y contables, 2013. p.84
 En el diagrama anterior se puede observar que los procesos más complicados y poco comunes empiezan desde el rayado hasta llegar al tamizado. Por ende se considera conveniente enfatizar solo en estos. Empezando por el proceso de rayado; este se realizó de forma manual usando un rayador y un cuchillo; de este

modo se obtienen hojuelas con el fin de aumentar el área y disminuir el tiempo de secado. El tratamiento químico conlleva a sumergir las hojuelas de papa en una solución de bisulfito de sodio al 1% por cada litro de agua, durante 10 minutos, esto impide pardeamiento enzimático. La deshidratación se llevó a cabo a través de un secador de bandejas a una temperatura de 60°C a presión atmosférica, la humedad o cantidad de agua presente en la hojuela después del deshidratado debe ser del 12%. Para llevar a cabo la molienda se requiere un molino de martillo. Por último el proceso de tamizado consiste en separar las partículas que conforman la harina; el tamaño de las partículas es menor o igual a 70 micrómetros (0,000007metros); las partículas que son mayores a esta medida se vuelven a moler para volver a pasar por el tamiz. El Método anterior permite producir harina de papa criolla de buena calidad, además mediante cálculos relacionados con el costo de producción demostraron que el proceso es rentable⁴.

Figura 2. Países latinoamericanos productores de papa en toneladas

Clasificación	País	Datos	Fecha de la información
1	Perú	4693209	2014
2	Brasil	3689836	2014
3	Colombia	1990881	2014
4	Argentina	1864970	2014
5	Bolivia	1103995	2014
6	Chile	1061324	2014
7	Venezuela	503367	2014
8	Ecuador	443357	2014
9	Uruguay	89000	2014
10	Paraguay	3600	2014

Fuente: ACTUALITIX. Perú: Papa - Producción En línea]. En: es.actualitix.com, 2016 [consultado el 01 de octubre 2017]. Disponible en línea: <https://es.actualitix.com/pais/per/peru-papa->

La República Federativa de Brasil; se encuentra el diseño de un método de producción de harina de papa con sus respectivas máquinas, este hecho lo evidenciamos en la Circular Técnica realizada por CORRÊA, M. publicada en el año 2012 en portugués; traduciendo esta al idioma español titula” Tecnología para la Producción de Harina de Patata dulce: Nuevo producto para las familias agricultoras”⁵. La producción de harina se lleva de esta manera:

La cosecha se realiza de forma manual.

El Lavado y selección se realiza en dos etapas de forma manual, la primera consiste en quitar con agua todas las impurezas (tierra, daños causados por plagas, manchas), la segunda etapa consiste en lo que comúnmente se conoce como llamamos “juagar”.

El Pelado consiste en quitar con un cuchillo la cascara de la papa y al terminar colocarla sumergida en agua para evitar la oxidación de esta mientras se pela el resto

⁴ NARVAES, M y RUANO, Y. Op. Cit.p.81

⁵ CORRÊA, M. Tecnología para Produção de Farinha de Batata-doce: Novo Produto para os Agricultores Familiares [En línea]. En: www.embrapa.br. 2012.6 p. Disponible en internet: <https://www.embrapa.br/acre/busca-de-publicacoes/-/publicacao/964625/tecnologia-para-producao-de-farinha-de-batata-doce-novo-produto-para-os-agricultores-familiares>

¹ SUÁREZ, A. Papas criollas colombianas para combatir el hambre [En línea]. En: El Tiempo. Bogotá D.C. 24, Junio, 2016. [consultado el 26 de septiembre del 2017]. Disponible en internet: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16629058>

² BUITRAGO, A. El empresario que plantea una solución para la pobreza extrema. En: portafolio.co.17, febrero, 2017. [consultado el 26 de septiembre del 2017].Disponible en línea: <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/empresario-colombiano-combate-la-pobreza-extrema-503479>

³ NARVAES, M y RUANO, Y .Plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de harina de papa criolla para la industria de panificación en el municipio de Ipiales departamento de Nariño [En línea]. Trabajo de grado profesional en Comercio Internacional Y mercadeo. San Juan de Pasto.: Universidad de Nariño. Facultad de ciencias económicas administrativas y contables, 2013. 144 p. Disponible en internet: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/89952.pdf>

de papas.

Relación: En esta etapa se usa una máquina de moler yuca para transformar la papa en una masa húmeda.

Prensado: El objetivo del prensado es eliminar la mayor cantidad de agua contenida en la masa.

Figura 3. Prensado de la masa.



Fuente: CORRÊA, M. Tecnologia para Produção de Farinha de Batata-doce: Novo Produto para os Agricultores Familiares. En: www.embrapa.br, 2012.6 p.

El Secado en este proceso se realiza a través de una paila gigante a la cual se le suministra calor producido por combustión en la parte inferior

Figura 4. Secado de la harina húmeda.



Fuente: CORRÊA, M. Tecnologia para Produção de Farinha de Batata-doce: Novo Produto para os Agricultores Familiares. En: www.embrapa.br, 2012.6 p.

El tamizado. Para este proceso se usa mallas sustituyendo a los tamices, se usan dos mayas una para retener las partículas de harina superior a 1,5 milímetros y otra para las de 1 milímetro.

La validación del diseño mecánico se hace por medio del software (CAD/CAE), Solidworks y su complemento SolidWorks Simulation, que permite al diseñador someter los diferentes elementos de la máquina a esfuerzos, tensiones, deformaciones etc.... que sufre el material al ser expuesto a las diferentes cargas.

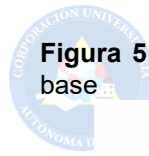
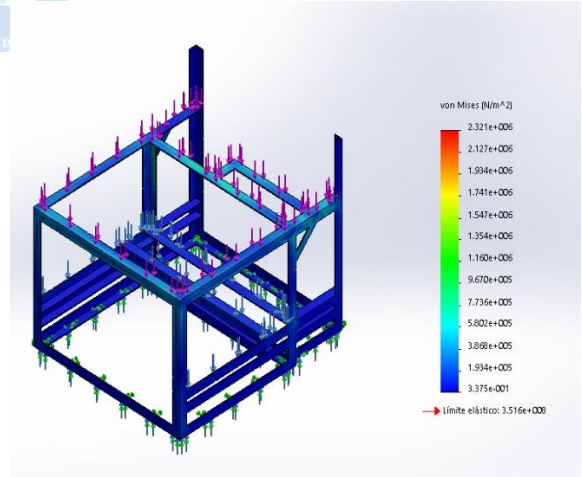


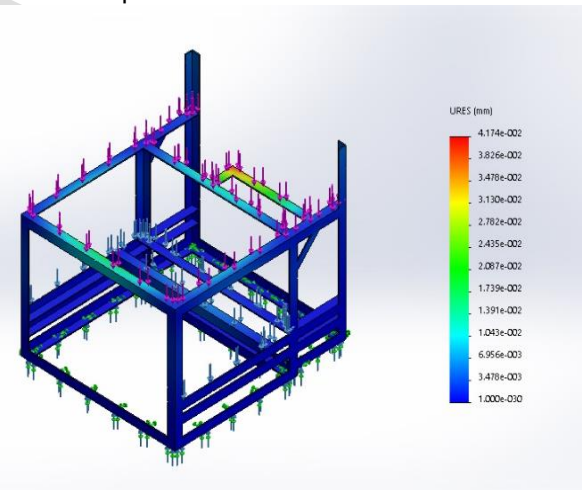
Figura 5. Análisis de tensión (Von mises) de estructura base



Fuente. Esta investigación 2019.

En la figura 5 se observa el análisis de tensión (Von Mises) el cual nos da los resultados de tensión mínima de $3.375 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$ y un máximo de $2.321 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Con la siguiente ecuación realizaremos el cálculo del factor de seguridad, teniendo en cuenta el límite elástico del material (S_y) y el esfuerzo máximo de Von Mises (σ). Se obtiene un factor de seguridad de 1.51 debido al material empleado y el espesor con el que se diseñó.

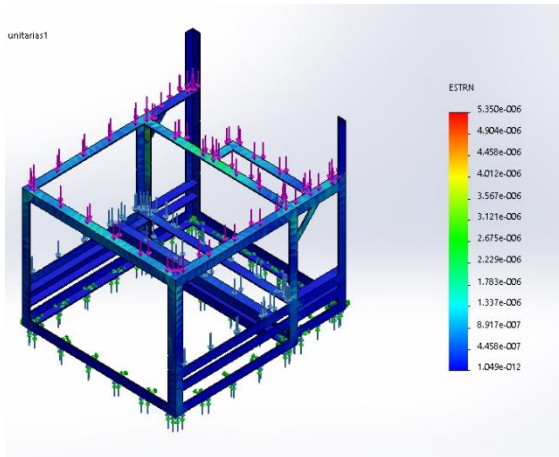
Figura 6. Desplazamiento de material estructura base



Fuente. Esta investigación 2019.

En la figura 6 Se observa que el desplazamiento del material se presenta en el centro de los dos ángulos superiores de la estructura, con un valor de $6.596 \times 10^{-3} \text{ mm}$. El desplazamiento es mínimo debido a las propiedades del material.

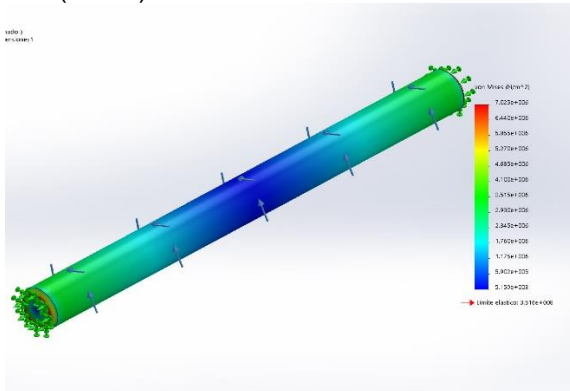
Figura 7. Deformaciones unitarias estructura base



Fuente. Esta investigación 2019.

En la figura 7 se observa que las deformaciones unitarias están dadas en las esquinas y centros de los ángulos con un valor de 1.049×10^{-12} , esto quiere decir que las deformaciones son muy mínimas y la estructura no presentara algún inconveniente al empezar a utilizarse.

Figura 8. Análisis de tensión (Von mises) de eje moledor (EJE 1).



Fuente. Esta investigación 2019.

En la figura 8 se observa el análisis de tensión (Von Mises) el cual se realizó con un torque calculado de $111.596 \text{ lb} \cdot \text{in}$, los resultados fueron: tensión mínima de $5.159 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ y un máximo de $4.100 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Con la siguiente ecuación realizaremos el cálculo del factor de seguridad, teniendo en cuenta el limite elástico del material (S_y) y el esfuerzo máximo de Von Mises (σ) Se obtiene un factor de seguridad de 5.01 debido al material empleado y el diámetro con el que se diseñó.

Una vez llevada a cabo la construcción del prototipo se obtuvo resultados positivos y eficientes para cada proceso como se muestra a continuación.

Figura 9: Proceso lavado y pelado por medio de prototipo.



Fuente: esta investigación 2019.

El proceso de pelado se lleva a cabo por medio de 6 rodillos ubicados en forma de medio círculo para pelar la papa, que están girando a 850 rpm y a su vez por medio de una motobomba se pasa el agua de un tanque a la parte de los rodillos por una conexión de tubos de PVC la cual lava las papas de manera eficiente,

Figura 10: cortadora



Fuente: la presente investigación 2019.

La cortadora tiene unas cuchillas que van al final de un cilindro que por medio de un punzón presiona las papas con las cuchillas y se logra el corte de estas.

Figura 11: moledora



Fuente: la presente investigación 2019.

El molidor consta de un molino convencional de maíz adaptado a un motor eléctrico de un caballo de potencia, reduciendo la velocidad por medio de poleas.

Figura 12: Secadora



Fuente: la presente investigación 2019.

La secadora funciona como una centrifuga girando a una velocidad de 1200 rpm las cuales quitan la mayor cantidad de agua posible de la masa durante 10 minutos, después se calienta la masa a 50°C calentando las paredes del secador con dos resistencias y agua que está fluyendo dentro de este, se prende la bomba de vacío y se quita la otra parte de humedad que posee la masa hasta dejarla en las condiciones necesarias para una harina.

Figura 13: Bomba de vacío



Fuente: la presente investigación 2019.

La bomba de vacío es de $\frac{1}{4}$ de caballo de potencia a 3.5 CFM.

VI. CONCLUSIONES

El proyecto que se llevó a cabo contribuye de forma importante a la implementación de nuevas tecnologías y por ende a la industrialización y progreso en la producción harina de papa criolla en la región.

Los conocimientos adquiridos en; cálculos de resistencia y transmisión de potencia, diseño de máquinas y construcción de las mismas, fueron de gran importancia para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto.

Las encuestas ponen de manifiesto la necesidad de crear un sub-productos en base a la papa criolla en esta región, ya que se pierde un porcentaje amplio de esta y es desaprovechado.

Para el grupo de trabajo, realizar este proyecto fue de gran ayuda para ampliar nuestros conocimientos como profesionales y nos deja en claro la gran importancia de la investigación en el campo de diseño y de construcción de máquinas.

Según los cálculos realizados, el diseño de la máquina cumple con los diferentes criterios y requerimientos necesarios

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda aumentar la automatización del proyecto ya que se puede hacer algunos procesos de una manera más eficiente.

Tener en cuenta que el prototipo es para 8kg de capacidad por ciclo, cada ciclo dura 35 minutos.

Ubicar la línea de producción en lugares planos, que la maquina este anclada al piso.

Realizar operaciones de mantenimiento preventivo y en su defecto correctivo, para obtener el mayor desempeño de la línea de producción.

Se recomienda dar un buen manejo al equipo, engrasar los engranes y cadena semanalmente y realizar rutinas

de mantenimiento seguir el manual de usuario.

A la hora de operación del equipo se debe utilizar indispensablemente protección a los oídos, ojos y manos para evitar los distintos riesgos en el operador.



VIII. REFERENCIAS.

PIÑEROS NIÑO, Clara. Recopilación de la investigación del sistema productivo papa criolla [En línea]. Cundinamarca: Secretaria De Agricultura Y Desarrollo Económico, 2009 [consultado el 21 de agosto del 2017] Disponible en línea: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Libro%20Papa%20Criolla.pdf>

MORALES, S y COCA, A. Elaboración de pan con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de papa criolla (solanum tuberosum grupo phureja) variedad criolla Colombia. [En línea]. Bogotá D.C.: Universidad de La Salle. Programa de Ingeniería de Alimentos, 2016. 26 p. [consultado el 26 de agosto 2017] Disponible en línea: http://nxms1019hx1xmtstxk3k9skowpengine.netdnssl.com/wpcontent/uploads/2016/04/posters_l_prieto.pdf

NARVAES, M y RUANO, Plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de harina de papa criolla para la industria de panificación en el municipio de Ipiales departamento de Nariño [En línea]. Trabajo de grado profesional en Comercio Internacional Y mercadeo. San Juan de Pasto.: Universidad de Nariño. Facultad de ciencias económicas administrativas y contables, 2013. 144 p. [consultado el 26 de agosto del 2017] Disponible en internet: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/89952.pdf>

RAMÍREZ NAVAS, J. Liofilización de alimentos [En línea]. Universidad del valle, 2006. Disponible en línea: <https://books.google.com.co>

FEDERACIÓN DE JUNTAS DE ACCIÓN COMUNAL DE BOYACÁ. Productos ficha técnica [En línea]. fedecomunalboyaca.blogspot.com.co, 2016 Disponible en línea: <http://fedecomunalboyaca.blogspot.com.co/p/productos-fichas-tecnicas.html>