

ELABORACIÓN DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE CENIZA DE CUESCO

**LUIS GABRIEL ANACONA ROA
OFELIA SOFIA ANAYA PINZON
OSCAR FERNANDO GONZALEZ PERDOMO**

**Universidad Cooperativa de Colombia
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Civil
Sede Villavicencio
2017**

Elaboración de una máquina trituradora de ceniza de cuesco

Luis Gabriel Anacona Roa
Ofelia Sofía Anaya Pinzón
Oscar Fernando González Perdomo

Auxiliar de investigación para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor técnico y metodológico
Ing. Saulo Andrés Olarte Buritica

Universidad Cooperativa de Colombia
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Civil
Sede Villavicencio
2017

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Dr. MARITZA RONDÓN RANGEL

Rector Nacional

Dr. CESAR AUGUSTO PÉREZ LONDOÑO

Director Académico Sede Villavicencio

Dra. RUTH EDITH MUÑOZ JIMÉNEZ

Directora Administrativa y Financiera

Ing. RAÚL ALARCÓN BERMÚDEZ

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. MARÍA LUCRECIA RAMÍREZ SUÁREZ

Jefe de Programa

Ing. SAULO ANDRÉS OLARTE BURITICA

Coordinador de Investigación Programa de Ingenierías

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Villavicencio (Meta), abril de 2017.

El presente trabajo denominado “Elaboración de una máquina trituradora de ceniza de cuesco”, es responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad Cooperativa de Colombia.

Gracias a Dios por darme la oportunidad de alcanzar tan importante meta personal y profesional.
A mi familia por su colaboración, motivación, estímulo y comprensión.

Luis Gabriel Anacona Roa.

Le dedico este trabajo a Dios quien es el guía de mi vida y fuente de fortaleza, a mi madre Otilia Pinzón Quitian que desde cielo me acompaña a mi padre Antonio Anaya Anaya, a mi hijo Diego Fernando Gómez Anaya el ser más importante de mi vida el que me inspira a ser cada día mejor y por la cual busco prosperar y lograr todas mis metas, a mis familiares que me brindaron su apoyo cuando lo necesite en especial a Henry Gómez Gómez quien fue el segundo pilar en la construcción de ese primer logro de ser profesional de la ingeniería civil.

Ofelia Sofía Anaya Pinzón.

A Dios por concederme la voluntad, esfuerzo y sabiduría hasta lograr dicho propósito personal y profesional. A mi familia por su estímulo y comprensión.

Oscar Fernando González Perdomo.

Agradecimientos

El presente trabajo fue posible gracias a la colaboración de personas e instituciones. Sin embargo, se desea hacer una excepción a los más inmediatos colaboradores.

Ing. Saulo Andrés Olarte Buritica

Ing. Jesús Valiente. Por su apoyo y colaboración.

Ing. Tulio Aymerich Hernández Hernández. Docente Universidad Cooperativa de Colombia.

Universidad Cooperativa de Colombia por permitirnos hacer parte de tan importante familia.

A todos ellos nuestra gratitud y admiración.

Los autores.

Tabla de contenido

	pág.
Introducción.....	12
1. Planteamiento del problema	13
1.1 Formulación del problema.....	13
2. Objetivos.....	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. Justificación.....	15
4. Antecedentes.....	17
5. Marco referencial.....	20
5.1 Marco teórico.....	20
5.1.1 Que es el cuesco de la palma africana.	21
5.1.2 Características del cuesco o pericarpio.....	23
5.2 Marco legal.....	23
5.3 Marco geográfico.....	24
5.3.1 El departamento del Meta.....	24
5.3.2 Municipio de Villavicencio.	25
6. Diseño metodológico.....	31
6.1 Tipo de investigación	31
6.2 Población	32
6.2.1 Fabricación de las piezas individuales.	32
7. Resultados.....	34
7.1 Discusión de resultados	37
8. Conclusiones.....	40
Bibliografía.....	41
Anexos.....	44

Lista de tablas

pág.

Tabla 1.	Resultados Laboratorio 1.....	34
Tabla 2.	Resultados Laboratorio 2.....	35
Tabla 3.	Resultados Laboratorio 3.....	36
Tabla 4.	Promedios obtenidos.	37
Tabla 5.	Desviación estándar.....	37

Lista de figuras

pág.

Figura 1.	Ubicación geográfica del departamento del Meta.....	24
Figura 2.	Comparación gráfica de granulometría.....	34
Figura 3.	Comparación gráfica de granulometría.....	35
Figura 4.	Comparación grafica de granulometría.....	36

Lista de anexos

pág.

Anexo 1. Presupuesto materiales, mano de obra y transporte.....	45
---	----

Introducción

El presente trabajo se concentra en el afán por buscar soluciones a los diferentes problemas a los que los ciudadanos metenses, en especial las familias de bajos ingresos se enfrentan hoy en día, garantizando además la preservación, conservación y atención al medio ambiente. Es decir, conlleva a mejorar la calidad de vida en sectores vulnerables. Por consiguiente, el presente trabajo centra sus esfuerzos en desarrollar una máquina trituradora de ceniza de cuesco para triturar este material y aprovechar su alta dureza y baja densidad.

Por otra parte, el presente trabajo tuvo como objetivo disminuir el impacto ambiental ocasionado por la acumulación de cuesco, en las áreas de extracción aceitera, dándole un valor agregado a este material al ser usado como puzolana y obtener un material compuesto de menor valor económico y propiedades diferentes a las del cemento portland.

Los autores consideran relevante indicar que, mediante la máquina trituradora de ceniza de cuesco, se utilizó el proceso de transformación de la ceniza cuesco en arena fina; que posteriormente sirvió para crear material de construcción no convencional que ayude a rebajar costos y propicie la industria de construcción, como materia prima de alta dureza, alta resistencia al desgaste y baja densidad.

1. Planteamiento del problema

La fibra y el cuesco de la palma africana son materiales denominados como desechos, que actualmente son causales de contaminación ambiental debido a la falencia de alternativas que conlleven al aprovechamiento en procesamientos industriales. Inicialmente estos residuos eran tirados en la margen de las fuentes hídricas. (Ortiz, 2013, p. 2)

Teniendo como base la preservación y conservación ambiental, los autores ven la necesidad de la elaboración de una máquina trituradora de ceniza de cuesco proveniente de la quema de cuesco fruto de la palma africana; que hoy en día en el contexto regional presenta una ventaja competitiva y comparativa frente a otras regiones del país, además poseer una estabilidad que conlleva a establecer este sistema productivo garantizando la demanda de mercado, que contribuirá significativamente respecto a las prácticas manuales y obtener una excelente relación costo – beneficio y mejorar el sistema de mampostería.

1.1 Formulación del problema

¿Cómo triturar la ceniza proveniente de la quema del cuesco?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Construir una máquina trituradora de ceniza de cuesco proveniente de la quema del fruto de palma africana.

2.2 Objetivos específicos

- a) Revisar del estado del arte del uso de equipos para la pulverización del fruto de palma africana
- b) Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación de la maquinaria.
- c) Evaluar a través del ensayo de granulometría los TMN del agregado y sus curvas granulométricas.

3. Justificación

Buzón (2009) afirma:

Actualmente existe una tendencia creciente por utilizar materiales de construcción no convencionales, buscando solucionar problemas de nuestras sociedades, especialmente las de bajos ingresos. Adicionalmente, las regulaciones en temas ambientales en nuestro país, son cada día más estrictas. Las plantas procesadoras de aceite de palma africana están buscando solución a qué hacer o donde depositar el desecho diario de la producción. Este desecho llamado Cuesco. Buzón (2009).

Teniendo en cuenta que actualmente se producen en Colombia alrededor de 220.000 toneladas de cuesco al año, como subproducto del proceso de transformación de la palma de aceite *Elaeis Guineensis*. Romero, Cruz & Sierra (2016).

En la actualidad, el tema de la investigación y propuesta sobre nuevos materiales ha ido avanzando. Sin embargo, aún no se tiene la formación y la suficiente cultura de ir hacia el desarrollo cuando se presentan nuevos materiales, no se confía lo suficiente y optamos por continuar con los que siempre se usan y excluir muchos materiales por no tener unas características similares a los convencionales.

El uso de materiales livianos y sistemas constructivos que faciliten el transporte, la adecuación y solución. Los nuevos materiales de alto comportamiento que se han ido descubriendo, aún no han alcanzado su madurez y cálculo de empleo en construcciones civiles a gran nivel. Los

nuevos materiales, permiten generar elementos que puedan responder a las exigencias de resistencia, rigidez, estabilidad y equilibrio. La búsqueda del confort humano y la industrialización de la construcción son aspectos que favorecen este proyecto.

Partiendo de las anteriores premisas la idea de la investigación es crear y demostrar la utilidad de un nuevo material que supla las necesidades mencionadas. Para el momento de la creación de una máquina trituradora que garantice la total trituración de la ceniza para su pulverización en las mejores condiciones y con gran acabado que permita la fácil colocación del mismo. El ideal es demostrar a través de la relación costo-beneficio, la viabilidad del empleo de nuevos materiales para sistemas constructivos.

4. Antecedentes

Como trabajo de investigación se tiene el trabajo denominado “Aprovechamiento de los residuos de la Palma Africana”, Ortiz (2013). Para lo cual sintetiza sobre la temática, los siguientes aspectos: El estudio consta de un análisis estadístico para comprobar la cantidad de residuos de la palma, huesco y fibra, en dos industrias aceiteras de la región, seguido de una caracterización fisicoquímica de dichos residuos y sus correspondientes cenizas, con discusiones importantes de las propiedades físicas y mecánicas de este material como aditivo del cemento portland. Se ha estudiado la viabilidad de utilizar las cenizas como material adicionado al cemento. Los resultados experimentales indican que la mezcla de cemento que contienen las cenizas derivadas de los residuos de aceite de palma muestra satisfactorios tiempos y resultados de las pruebas de solidez. La incorporación de la ceniza es categorizada como buena, y no se observó segregación. Los efectos de la ceniza sobre la densidad y absorción de agua son insignificantes. La resistencia a la compresión del hormigón disminuye con el contenido de cenizas en el cemento utilizando hasta un 10% en peso de la ceniza. Los resultados sugieren que la ceniza podría ser mezclada en pequeñas cantidades con cemento Portland ordinario para hacer hormigón sin efectos perjudiciales a largo plazo sobre la fuerza de la propiedad. La presente investigación tiene como objetivos contribuir a la disminución del impacto ambiental ocasionado por la acumulación de huesco y fibra de la palma africana en las áreas de extracción aceitera, dándole un valor agregado a este material al ser usado como puzolana, y obtener un material compuesto de menor valor económico y propiedades diferentes a las del cemento Portland.

La muestra de ceniza producida a 171,8 °C y 105,3 psi son extraída de las calderas de la industria Aceites Morichal S.A. ubicado en el Departamento del Meta, Colombia.

Muchos investigadores y universidades en el ámbito mundial, han estudiado la aplicación de materiales novedosos en la construcción. Se puede citar los siguientes:

- a) En la Universidad Estatal de Táchira en Venezuela con (GFRC) Micro-concreto reforzado con fibra de vidrio.
- b) En la Universidad de Malasia en el campus de Sabah (University of Malaysia in Sabah) se ha estudiado la utilización del cuesco para desarrollar mezclas de concreto y la aplicación en el sector de la industria
- c) de Ingeniería de la Universidad del Valle en el Departamento de Materiales de Ingeniería, trabaja desde 1972 en el campo de los materiales para la construcción habiendo conseguido desarrollos notables que hoy se aplican en el sector. Dichos desarrollos tienen como línea común el diseño de materiales con de la construcción a gran escala.
- d) En Colombia la Facultad base en el uso de residuos sólidos industriales. Algunos de estos desarrollos son:
 - Producción de Cementos a partir de cenizas volantes en Cementos del Valle desde 1974 incluyendo como regulador de fraguado yeso químico obtenido como subproducto de la industria sucroquímica.
 - Producción de Concretos Calcáreos utilizando como agregados las calizas de bajo tenor de las canteras de Cementos del Valle, elaborados por Concretos de Occidente desde 1989.
 - Producción de Yesos para uso en construcción a partir de residuos de las industrias cerámica, licorera y sucroquímica, desde 1992.
 - Producción de materiales de construcción de alta calidad y bajo costo a partir de residuos industriales y escombros de construcción.

En general, se han hecho investigaciones en tal sentido, como el uso de cascarilla de arroz, la concha o cascara de coco, el bagazo de la caña de azúcar, materiales de tipo vegetal de los cuales se quiere sacar algún provecho, apuntando todo a lo que últimamente se le conoce como "desarrollo sostenible".

5. Marco referencial

5.1 Marco teórico

Ortiz (2013) afirma:

Colombia ocupa la cuarta posición como productor de aceite de palma en el mundo, y el primer lugar en América. Las zonas palmeras colombianas tienen niveles de productividad comparables a los internacionales tanto en rendimiento por unidad de superficie cosechada como en hectáreas atendidas por trabajador, esta información aumenta las expectativas del proyecto debido a la necesidad de una solución, no sólo nacional sino internacionalmente, teniendo en cuenta que sólo en Singapur existe antecedentes que sugieren que la ceniza proveniente de los residuos de la palma de aceite podría ser mezclada en pequeñas cantidades con cemento Portland ordinario para hacer hormigón sin efectos perjudiciales a largo plazo sobre las propiedades de resistencia; a nivel nacional, las cenizas del cuesco se han analizado con el fin de obtener carbón activado para uso industrial con inconvenientes como los altos costos de producción. Ortiz (2013).

De otra parte, la "industria palmera" de acuerdo a la ley de calidad ambiental de 1974 y los reglamentos sobre calidad ambiental, requiere de un sistema de manejo sólido, eficaz de utilización y tratamiento, para reducir los impactos ambientales, Fedepalma (2001). Ante esta perspectiva aparece como una alternativa de solución la utilización del cuesco y las mismas fibras de desecho de la palma africana, mediante la calcinación previa de estos y la correspondiente adición al cemento Portland.

El cuesco de la palma africana se ha estudiado como carbón activado donde la carbonización se lleva a cabo a 600 °C en atmósfera de nitrógeno durante 2,5 horas en un horno vertical provisto de un controlador de temperatura Colé Parmer 89000-10, que permite ajustar la velocidad de calentamiento. Las condiciones de la carbonización son las siguientes: velocidad de calentamiento 10 °C min⁻¹, flujo de nitrógeno 150-160 mL min⁻¹. El análisis de estas cenizas establece que el contenido de Na, K, Ca, Mg y Fe son respectivamente. 0.33, 0.36, 0.34, 0.13 y 0.46 mg.g⁻¹. El contenido de S_i no se ha determinado (Navarrete, Giraldo, Baquero, Moreno, 2005).

Los estudios realizados en Colombia con el objeto de emplear la ceniza del cuesco y la fibra de la palma africana como un material puzolánico son casi nulos. En analogía con la cascarilla de arroz y de acuerdo al artículo de Joo-Hwa Tay, Kuan-Yeow. Show, 1995, se ha iniciado en la facultad de ingeniería civil de la Universidad Cooperativa de Colombia la investigación de nuevos materiales que provechen los residuos agroindustriales.

La obtención de sílice a partir de desechos agrícolas, permite la obtención de concreto de alto comportamiento, en este sentido vale la pena decir que actualmente las exigencias del concreto se dirigen a dos premisas específicas: la resistencia y la durabilidad, estos conceptos enmarcan el tiempo de vida útil del concreto.

5.1.1 Que es el cuesco de la palma africana.

La zona norte del país es una de las que más toneladas anuales de aceite crudo de palma africana producen y ésta va en aumento, inclusive en el departamento del Atlántico, el único de la Costa Atlántica que no la cultiva, ya está en marcha el proyecto para iniciar con 4000 hectáreas de este cultivo.

La palma africana es también conocida como palma aceitera, porque de ella se extrae el aceite comestible, pero también tiene diversos usos, como por ejemplo; para productos alimenticios, medicinales, fabricación de fibras, la savia sirve para la producción de vino, fabricación de escobas, el Palmiste es usado como alimento para ganado, como lubricante para la industria de la laminación en frío de láminas metálicas, lo mismo que en la trefilación de alambres, especialmente de plata, donde se ha encontrado que este aceite es el único de resistir altas temperaturas y presiones requeridas, se utiliza también en panadería, confitería, en la fabricación de jabones tanto de ropa como de tocador, velas, betunes y tinta de imprenta, en la industria del acero inoxidable se ha empleado el aceite de palma en la laminación y en el pulimento y brillo de los aceros especiales, también tiene grandes usos en la industria de concentración de minerales, en la industria del cuero ya que le da flexibilidad, usándose también en la industria textil.

De los frutos de palma, los cuales se encuentran adheridos al racimo, se extraen dos tipos de aceite. El primero de ellos, el más importante desde el aspecto de producción se denomina de pulpa, rojo o de pericarpio. Hecha esta extracción queda un corozo, que al romperlo permite recuperar la almendra. El segundo tipo de aceite se extrae de la almendra, denominada aceite de Palmiste, quedando finalmente una torta de almendra de gran valor para la fabricación de concentrados y alimentación animal.

La especie tiene tres variedades: Dura, Tenera y Pisifera; de ellas la variedad Tenera es la que se utiliza comercialmente para la extracción del aceite y es un cruce entre las otras dos variedades, precisamente esta variedad es la que se utilizará en la realización del proyecto además porque es la que más produce racimos y permite una mejor variedad en tamaños de proporciones más pequeñas.

5.1.2 Características del cuesco o pericarpio.

Como se pudo apreciar los diversos usos o aplicaciones que se obtienen del proceso industrial de la palma africana llevan a pensar en las grandes ventajas que posee este tipo de plantaciones lo cual lo convierte en un producto de alta demanda, conjuntamente con una alta producción por unidad de superficie que lo hace uno de los más económicos, este fruto maduro es de color amarillento, con un peso de 10 gr. Y forma ovalada, una palma puede producir 12 a 13 racimos/año, con un peso de 20 a 30 kg, con 1000 a 3000 frutos/racimo.

El cuesco posee una alta resistencia, de hecho su desprendimiento en el racimo se da solo por el calentamiento en hornos y su trituración por altos procesos industrializados. La razón principal de utilizar este tipo de agregado en la composición de la mezcla de concreto es que actúe como material de relleno haciendo más económica la mezcla y que proporcione su resistencia como elemento esencial a la compresión, además que controle el cambio volumétrico en el fraguado al pasar de un estado plástico ha endurecido.

5.2 Marco legal

Norma (NTC, 174). Esta norma es adecuada para asegurar materiales satisfactorios para uso en la mayoría de concretos. Se pueden necesitar mayores o menores restricciones para ciertas obras o regiones. Por ejemplo, en donde la estética es importante, se pueden considerar límites más restrictivos en relación con las impurezas que puedan manchar la superficie de concreto. Es conveniente que quien establece las especificaciones sobre los agregados, indique en el área de

El departamento del Meta es uno de los más extensos de Colombia, con un área de 85.770 km² que equivalen al 7,5% del territorio nacional, consta de 29 municipios , Limita por el Norte con el departamento de Cundinamarca y los ríos Upía y Meta que lo separan del departamento del Casanare; por el Este con Vichada, por el Sur con el departamento del Caquetá y el río Guaviare que lo separa del departamento de Guaviare; y por el Oeste con los departamentos de Huila y Cundinamarca.

5.3.2 Municipio de Villavicencio.

Reseña histórica: En período sin determinar, de forma lenta y espontánea surgió un asentamiento humano a partir de una posada de paso en la que convergían los caminos ganaderos provenientes de San Martín y de Casanare, donde a su vez desembocaba una vía que en 1760 comunicó a Santafé con la región. Gobernación del Meta (2015).

Dicho lugar se encontraba en cercanías del caño Gramalote -afluente que le dio origen a su primer nombre y de las estribaciones de la cordillera Oriental. Esta es la conclusión investigativa más reciente en torno a la manera como se inició la vida de la hoy capital del Meta.

Los registros históricos recuerdan a los siguientes ciudadanos entre los primeros habitantes del naciente caserío: Esteban Aguirre, Francisco Ruiz, Matea Fernández de Ruiz, Librado Hernández, Silvestre Velásquez y Francisco Ardua. Gobernación del Meta (2015).

Fue en el año de 1850 cuando se produjo el primer acontecimiento de orden oficial - conocido hasta el presente- que vino a darle vida político-administrativa al poblado. Se trata de la

promulgación de la Ordenanza n.º 106 por la Cámara Provincial de Bogotá, el 21 de octubre, con la cual se le cambió de categoría y de nombre al corregimiento de Gramalote por el de Distrito Parroquial de Villavicencio; el contenido del documento no explica el porqué de dicho nombre.

En lo referente a datos poblacionales para aquellos tiempos se tienen los siguientes: 30 familias en 1846, 349 habitantes en 1850 y 341 en 1851. No obstante lo anterior, los apuntes parroquiales de la localidad solo comenzaron el 29 de enero de 1852 con el registro de I, primera fe de bautismo, a nombre de la niña Andrea Re mero Rey, quien recibió este sacramento del sacerdote Manuel Antonio Martínez.

Diez años después, mediante la ley expedida el 7 de septiembre, el Gobierno creó el Distrito Notarial de Villavicencio, cuya jurisdicción abarcaba las poblaciones de San Martín, Concepción de Arama, Cumaral y Nuestra Señora de la Concepción de Giramena.

Hacia el año 1864 don Sergio Convers fundó la hacienda El Buque, ubicada en las cercanías de la localidad. Al plantó unas 70.000 matas de cafeto, cuyas cosechas exportó tanto para el Interior del país, por el camino de herradura, como para el extranjero, a través del río Meta. Por este mismo tiempo, a su alrededor surgieron también, con fines agropecuarios, las propiedades La Esperanza, El Triunfo, La Vanguardia y El Cairo. Gobernación del Meta (2015).

Transcurría el mes de enero del año 1890 cuando un incendio arrasó con el caserío cuyas viviendas, en cantidad aproximada a 200, habían sido construidas en su gran mayoría con madera y techadas con palmas. Esta contingencia obligó a la reconstrucción del poblado durante la última década

de la misma centuria. Prueba única de estos acontecimientos es la placa de Diedra labrada que se encuentra en el costado izquierdo exterior de la puerta central de la iglesia catedral.

Cuando en 1906 se creó el Territorio Nacional del Meta, Villavicencio fue declarada su capital. Tres años después la denominaron Intendencia Nacional del Meta, y el caserío continuó con la misma categoría. Corrieron los años y el pueblo se consolidó en sus dimensiones sociales, económicas y urbanísticas. Su perímetro urbano tenía como límites naturales el cerro de Cristo Rey y los caños Gramalote y Parrado, el cual conservó hasta finales de los 50, cuando comenzó la transición de pueblo a ciudad que hoy continúa desarrollando.

Límites:

Norte: Restrepo y El Calvario.

Oriente: Puerto López.

Sur: Acacias y San Carlos de Guaroa.

Occidente: Acacias y el departamento de Cundinamarca.

Hidrografía: Entre los principales afluentes que riegan la jurisdicción de Villavicencio estén los ríos Guatiquía, Guayuriba, Negro y Ocoa; así mismo, los caños Parrado, Gramalote, Maizaro, quebrada La Unión, Grande, quebrada Honda, Buque, Rosablanca y La Cuerera, entre otros. Gobernación del Meta (2015).

Vías de comunicación:

Aéreas: Aeropuerto comercia Vanguardia

Terrestres: Vías primarias: Bogotá, Acacias, Restrepo, Puerto López.

Capacidad hotelera: 8.517

Altitud: 467 m sobre el nivel del mar

Extensión territorial: 130.085 Ha.

Temperatura: 27°C

Población: 552.472 habitantes. DANE, (2014).

Posición astronómica: 4° 09'12" y 4° 17'33" de latitud norte y 73° 38' 06" y 73° 46'21"

longitud oeste

Distancia a la capital del país: 90 km.

División territorial:

Comunas: El municipio se encuentra dividido en 8 comunas, 235 barrios (de los cuales 32 son legalizados), 101 asentamientos, 2 zonas de invasión, 7 corregimientos y 61 veredas en total. Gobernación del Meta (2015).

Economía: Villavicencio sigue siendo el principal centro de acopio y abastecimiento de los municipios de la Orinoquia colombiana, a la vez es productor de petróleo y gas; sin embargo, la mayoría de los empleos se están generando en la actividad comercial y de servicios, es decir, en sectores no productivos y no transables. Las grandes construcciones, las vías, los recursos

financieros y el turismo giran en torno a esta dinámica mercantil y a los servicios. Esto hace que el aporte del departamento al PIB Nacional sea inferior al 2 %, cifra que se mantiene en los últimos 49 años, es decir, desde 1960 hasta el 2009. Gobernación del Meta (2015).

Renglón industria: La industria constituye el tercer sector en importancia para el municipio, principalmente con productos como alimentos y bebidas manufacturadas, muebles, calzado y la reparación de vehículos automotores, la confección y fabricación de telas y ropa, donde se destaca la presencia de grandes empresas, como Lafayette, y otras medianas y pequeñas en la ciudad de Villavicencio. Las actividades de los molinos, las ladrilleras y la reparación de automotores completan el clúster industria en el municipio, en especial esta última actividad está representada en un buen número de talleres de mecánica diesel. La producción Industrial de Villavicencio consiste en buena parte en el mejoramiento en la transformación del arroz y aceite de palma y la mayor productividad en la Industria de alimentos y bebidas, lo que lo hace líder en este clúster con respecto a los demás municipios del Meta. Gobernación del Meta (2015).

Renglón comercio exterior y competitividad: Este clúster está representado por la venta directa de productos de Villavicencio a otros países, es decir, por las exportaciones registradas por la Dian. Fundamentalmente, se trata de exportaciones tradicionales entre las que se encuentran petróleo y alimentos, entre las no tradicionales se destacan los peces ornamentales y las flores exóticas.

En lo que respecta a la competitividad, la Cámara de Comercio de Villavicencio ha establecido lo siguiente: "Según el Departamento Nacional de Planeación, los departamentos de la jurisdicción tienen niveles de competitividad bajos. El departamento del Meta tiene un nivel de

competitividad mayor que Guainía, Vaupés y Vichada. Los principales factores que explican esta baja competitividad son la baja productividad que existe aún a nivel de la estructura productiva de la jurisdicción, la baja calificación de la mano de obra, las dificultades en la calidad de la educación, en especial la superior, y obstáculos al nivel de integración institucional y asociatividad empresarial, la cual solo cubre menos del 5 % de los establecimientos de comercio de la jurisdicción". (Análisis de coyuntura económica 2007). Todo esto muestra que el comercio exterior es marginal, y esto sucede no solo al departamento, sino también a Villavicencio.

Renglón construcción. Este clúster se caracteriza por la construcción de viviendas, obras públicas y obras civiles de origen privado, entre las que se destacan la construcción del centro comercial Llanocentro, Makro (que abrió en el 2008), Parque Comercial La Primavera (que inició actividades en el año 2010), Unicentro (que abrió en el 2006), el centro comercial La Sabana (que abrió en el 2006), el Almacén Éxito (que abrió en el 2005) y la construcción de los multifamiliares Los Centauros (que se terminó en 2003).

6. Diseño metodológico

6.1 Tipo de investigación

Teniendo en cuenta la temática en estudio, el proceso de investigación se inscribió dentro del tipo de investigación correlacional – descriptiva, (Lerma, 2016,) p. 63). Su objetivo conllevó a reseñar las características, estado, factores y procedimientos presentes en fenómenos y hechos que ocurren en forma natural sin explicar las relaciones que se identifiquen.

La máquina trituradora de ceniza de cuesco se fabricó utilizando un tubo estructural 14” de diámetro con un espesor de pared de 5/16” y una longitud de 0.7 mts. El tubo va sellado a un extremo en el cual va apoyado por un eje y al otro extremo una tapa coladera o tamiz de salida y 15 esferas con un peso de 1 Kg y un diámetro de 2” cada esfera cuenta con un volumen 4.19in³ en acero de manganeso; conformando el tambor en el cual se triturara el material también cuenta con una tapa lateral por donde se suministra el material a ser procesado; el otro extremo del tambor debe descansar en dos patines facilitando el giro de este, estos patines son atornillados a la estructura.

El tambor se sujetó a dos chumaceras de banco las cuales también están sujetas a una estructura que sostiene todos los elementos de la máquina. Se utilizó el tubo ya que es de un material en acero no convencional con referencia SAE 1020 el cual soportara los efectos abrasivos. Para la estructura se utilizó un perfil en L de 90 grados con aleta de 2” por un espesor de ¼ “. La rotación circular del tambor se hace por medio de un moto reductor de 3.5 HP, con una relación 40 a 1, capacidad suficiente para prestar el servicio. Este transfiere el movimiento de giro por medio

de dos poleas y dos bandas de transferencia debidamente tensionadas la cual nos da al tambor una relación de 60 rpm.

Para encender el motor se debe suministrar con fuente trifásica de 220 Voltios con un guarda motor con capacidad de intensidad de 7.5 Amperios logrando así conservar la vida útil de la máquina. Esta trituradora se fabricó para un ciclo de trabajo de 8 a 10 horas diarias.

6.2 Población

Según García, Cárdenas, Yañez (2008), “En la zona oriental se utilizan 35.342 toneladas anuales para la caldera”. La cual nos provee la ceniza de cuesco como materia prima para ser procesada; tendríamos un promedio cercano a 2 toneladas por planta

6.2.1 Fabricación de las piezas individuales.

La totalidad de las piezas que componen la máquina trituradora se obtienen fácilmente en cualquier distribuidora o ferretería; tales como tubería, lámina, patines, y cualquier otro tipo de metal que se hizo necesario utilizar.

El proceso de fabricación de la máquina es simple, ya que solo comprende operaciones básicas de un taller de metal-mecánica; por ejemplo, las soldaduras, los cortes, el esmerilado y demás.

La elaboración de cada pieza se inicia cortando a la dimensión deseada o especificada por el modelo a razón de que el corte sea a 45 o 90 grados si la pieza lo requiere. Los cortes se harán en la cortadora eléctrica (tronzadora) o si es necesario se utilizará la cortadora manual o segueta. Las piezas tienen tener un buen grado de exactitud por lo que será necesaria la verificación de las medidas y ángulos a los que serán cortados.

7. Resultados

Análisis Granulométrico:

Peso inicial de la muestra (500gr)

Tipo de muestra: Ceniza de cuesco.

Laboratorio 1

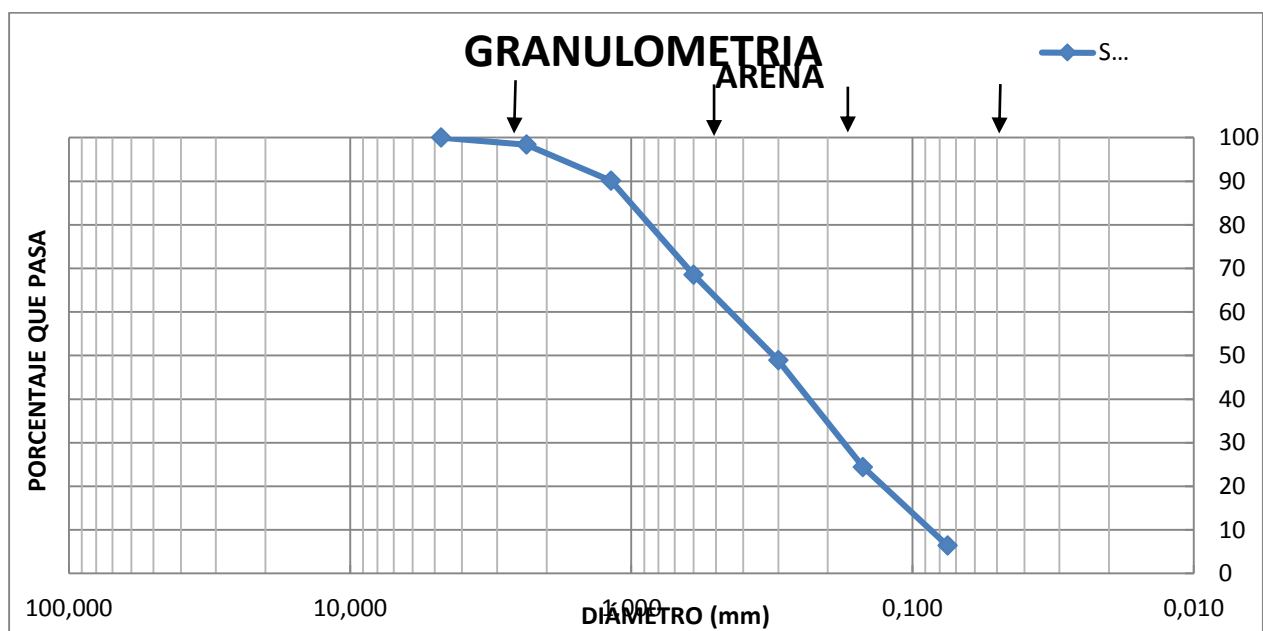


Figura 2. Comparación gráfica de granulometría.

Fuente: los autores. 2017.

Tabla 1. Resultados Laboratorio 1.

RESULTADOS LAB1	
CU=	6,98
Cc=	1,1
MF=	1,6974

Fuente: los autores. 2017.

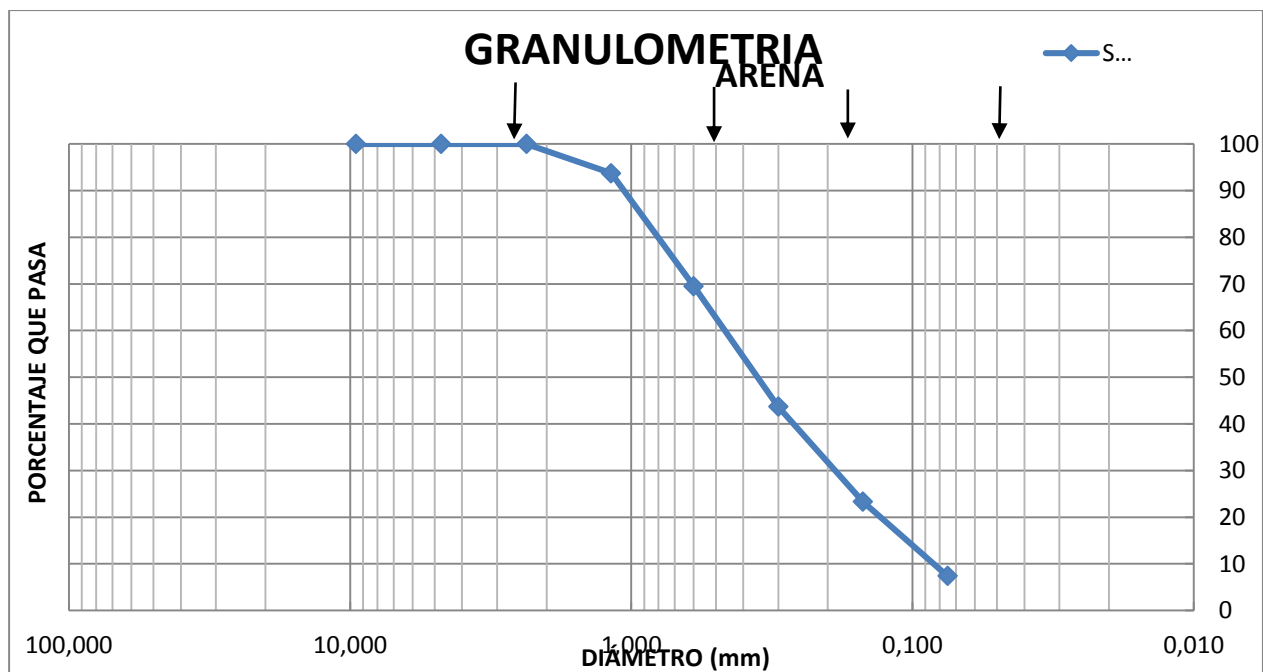


Figura 3. Comparación gráfica de granulometría.

Fuente: los autores. 2017.

Tabla 2. Resultados Laboratorio 2.

RESULTADOS LAB2	
CU=	7,31
Cc=	1,2
MF=	1,6976

Fuente: los autores. 2017.

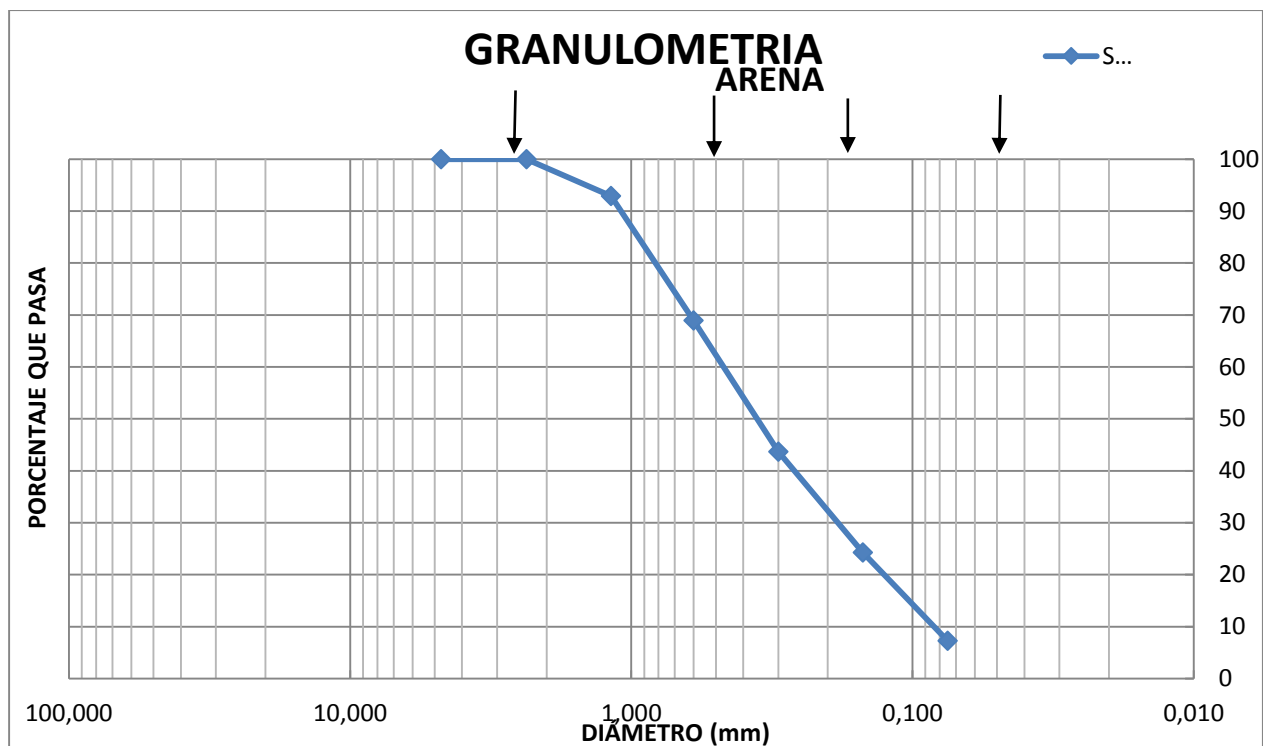


Figura 4. Comparación gráfica de granulometría.

Fuente: los autores. 2017.

Tabla 3. Resultados Laboratorio 3.

RESULTADOS LAB3	
CU==	7,4
Cc=	1,13
MF=	1,7028

Fuente: los autores. 2017.

Los promedios obtenidos de los datos anteriores son los siguientes:

Se realizó 3 laboratorios donde se calculó el promedio de la partícula dando como resultado los siguientes datos.

Tabla 4. *Promedios obtenidos.*

PROMEDIO	
CU=	7,23
Cc=	1,14333333
MF=	1,69926667

Fuente: los autores. 2017.

Como resultado final se obtuvo la desviación estándar de los datos utilizados, se pudo determinar que la desviación estándar no es mayor a 1 el cual nos indica que es un agregado fino.

Tabla 5. *Desviación estándar.*

DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
D_{CU=}	0,22113344
D_{Cc=}	0,05131601
D_{MF=}	0,00306159

Fuente: los autores. 2017.

7.1 Discusión de resultados

Teniendo en cuenta el desarrollo de los objetivos, se establece dentro del análisis del modelo de máquina de producción para ajustar la trituración de los agregados; el desarrollo ingenieril que permite la mecanización de la máquina a partir de los siguientes aspectos (la revoluciones por minuto del motor, tamaño del cilindro o tambor, las dimensiones de la máquina, ciclo de trabajo del molino, capacidad de producción hora de la máquina, y tamaño homogéneo del producto procesado).

Por otra parte, la conceptualización de la máquina trituradora conlleva a establecer que es un molino de esferas de acero, las cuales trabajan dentro de un tambor o cilindro cumpliendo la función de golpear la materia prima hasta cambiar su tamaño original volviéndola arena de determinado tamaño de acuerdo al tamiz de salida. Así mismo, se determinó el diseño a construir plasmando las partes más importantes que intervinieron, es decir, las partes principales que comprende el respectivo prototipo (motor, reductor, zona de abastecimiento de materia prima, tambor o cilindro, esferas en acero al manganeso, cojinetes, estructura, tamiz de salida, guarda, motor de 6.5 amperios, y sistema de transferencia de giro).

En este orden de ideas, los materiales utilizados para la construcción de la máquina o molino de esferas, relacionan tubo estructural circular de 14 pulgadas de diámetro nominal, ángulo de 2 pulgadas por $\frac{1}{4}$, lamina cold, rolled, cal 0.00016 mm, eje principal redondo, de una pulgada $\frac{1}{4}$ en acero Sae 1020, lamina, sistema de encendido y apagado del motor, pintura en esmalte y anticorrosiva procesa de soldadura y patines. Al igual que se establecen los procedimientos de fabricación de la máquina trituradora para lo cual requiere una manipulación por parte de personal acto para ello; ya que se utilizan herramientas para trabajos específicos tales como (cortes, soldaduras).

Por otra parte, se tuvo en cuenta la fabricación de las piezas individuales, el armado de la base de la máquina, instalación del motor reductor; fuentes eléctricas de la máquina, seguridad de la misma, elementos de trituración, zona de alimentación y descargue de materia prima. Incluye aplicación de pintura y acabados.

En cuanto a la fabricación de la máquina trituradora de grava y ceniza proveniente de la quema de cuesco de palma africana de mampostería estructural; relaciona la descripción y dimensión general de la máquina; así mismo, instrucciones importantes de seguridad (dispositivos eléctricos y de rotación), al igual que instalaciones (en el sitio de trabajo) conexión eléctrica, como triturar el material, limpieza y lubricación).

Los aspectos anteriormente mencionados conllevan a sintetizar que los rendimientos que se pueden obtener oscilan entre 320 y 40 minutos para 12.5 kilos de cuesco; la facilidad de manejo que se logró en la máquina hace que cualquier persona pueda operarla ya que no requiere esfuerzo físico; así mismo, se obtiene en cada trituración un modo de finura de arena fina; pero se requiere solo una persona para operarla la trituradora; incluye maquina muy práctica de operar, no se requiere más de 10 minutos para una inducción de manejo.

Con respecto a los resultados del análisis granulométrico establece que el primer tamizado, presenta un peso inicial de 2000 gramos, módulo de finura equivalente a 2.26, clasificación de la arena afina colorimetría correspondiente a grises puro. En el segundo tamizado la muestra corresponde a 2000 gramos módulo de finura 1.85 clasificación de la arena fina, colorimetría gris oscura. En tercer tamizado la muestra corresponde a 2000 gramos módulo de finura 1.95 y las demás características de los anteriores. Para el cuarto tamizado como muestra de 2000 gramos, solo cambia el módulo de finura equivalente a 1.84.

Finalmente, se establece el presupuesto de materiales, mano de obra y transporte en que incurre todo el costo para un valor total de la máquina de \$4.025.000

8. Conclusiones

- a) Se construyó la máquina destinada para la trituración de ceniza de cuesco con una estructura metálica de 0.97m largo, 0.87m ancho y con 0.74m alto. Adicional a esto se montó sobre la estructura metálica un cilindro en acero de 0.80m largo un diámetro 14” con la función de almacenar 12kg de ceniza de cuesco el cilindro cuenta con una tapa en forma cuadrada por donde se ingresará el material a triturar.
- b) Durante la revisión del estado del arte hallamos varias investigaciones dedicadas a la pulverización de la ceniza del cuesco, también se encontraron artículos científicos y tesis donde se desarrollan procesos similares.
- c) Se facilitó el manejo de la máquina de manera que el operario no requiere más de 10 minutos para la inducción.
- d) Se evaluó la muestra granulometría la cual indica que es un material con alto grado de partículas finas que pasa por el tamiz número 4 al tamiz número 200 . Se obtiene un coeficiente de uniformidad 7,23 y un coeficiente de curvatura 1,14333 se determinó un módulo de finura 1,6992667. Obteniendo como resultado final su desviación estándar menor a 1 el cual nos indica que estamos en el rango indicado.

Bibliografía

Bermúdez, L. T. y Rodríguez, L. F. (2013). *Investigación en la gestión empresarial*. Primera edición. Bogotá, D.C. Ecoe Ediciones.

Buzón de Ojeda, J. E. (2009). *Uso del cuesco de la palma africana en la fabricación de adoquines y bloques de mampostería*. Corporación Universitaria de la Costa, Barranquilla.

Buzón Ojeda, J. E. (2010). *Fabricación de adoquines para uso en vías peatonales, usando cuesco de palma africana*. Barranquilla, Colombia. En: 7th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology.

Espinosa J.C. (2004). *Obtención de sílice a partir de cascarilla de arroz para su aplicación como material pusilammo en morteros*. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.

Fedepalma (2000). *Censo Nacional de Palma de Aceite 1997-1999*. Villavicencio: Fedepalma.

Gobernación del Meta (2015). *El Meta y sus municipios*. Llano Siete Días.

ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas NTC (2017). *Adoquines*.

Instituto del Concreto, Asocreto (2001). *Construcción de pavimentos*. Asocreto, Bogotá, D. C. Colombia.

Instituto Nacional de Vías (1998). Normas de ensayo de materiales para carreteras. Santafé de Bogotá.

Joo-Hwa Tay, Kuan-Yeow, Show (1995). *Use of ash derived from oil-palm waste incineration as a cement replacement material*. Resources, Conservation and Recycling.

Jerma González, H. D. (2009). *Metodología de la investigación*. Cuarta edición. Bogotá, D.C. Colombia. Ecoe Ediciones.

Navarrete L., Giraldo L., Baquero C. y Moreno J. (2005). Carbón Activado: Efecto del lavado con ácido sulfúrico del precursor lignocelulósico, cuesco de palma africana, sobre los procesos de carbonización y activación. *Revista Colombiana de Química*. vol 34 No 1.

Romero Millán, L. M.; Cruz Domínguez, M. A. & Sierra Vargas, F. E. (2016). Efecto de la temperatura en el potencial de aprovechamiento energético de los productos de la pirólisis del cuesco de palma. *Tecnura* [online]. 2016, vol.20, n.48, pp.89-99. ISSN 0123-921X. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a06>.

Sánchez de Guzmán, D. (2003). *Durabilidad y patología del concreto*. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Asocreto.

Sánchez de Guzmán, D. (2006). *Tecnología del concreto*. Cuarta edición. Bogotá, D.C. Colombia. Bhandar Editores.

García N. J. A. Cárdenas M. Yáñez A E. (2008). Generación y uso de biomasa en plantas de beneficio de palma de aceite en Colombia de Cenipalma Sitio web: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/1477/1477>

Anexos

Anexo 1. Presupuesto materiales, mano de obra y transporte.

Detalle	Cantidad (unidades)	Costo unitario	Costo total	Fuente		
				Unid.	Ladicol	Estu.
Perfil de escritura de la máquina. 2" x 1/4	2	\$ 65.000,00	\$ 130.000,00	0	0	\$ 130.000,00
Juego de patines	2	\$ 35.000,00	\$ 70.000,00	0	0	\$ 70.000,00
Motor reductor"	1	\$ 750.000,00	\$ 750.000,00	0		\$ 750.000,00
Cilindro para tambor 80cm x 14"	1	\$ 180.000,00	\$ 180.000,00	0	0	\$ 180.000,00
Platina de 3"x 3/8	1	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	0	0	\$ 25.000,00
Disco de 17" de diámetro con un espesor 1/8	1	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00	0	0	\$ 25.000,00
Guarda motor	1	\$ 110.000,00	\$ 110.000,00	0	0	\$ 110.000,00
Bisagra 5/8	2	\$3.000,00	\$6.000,00	0	0	\$6.000,00
Anticorrosivo galón	1	\$ 64.000,00	\$ 64.000,00	0	0	\$ 64.000,00
Esmalte sintético- galón	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	0	0	\$ 70.000,00
Thinner- galón	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00	0	0	\$ 15.000,00
Soldadura nig	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00	0	0	\$ 70.000,00
Discos para cortadora dewaltr 14"	3	\$ 125.000,00	\$ 375.000,00	0	0	\$ 375.000,00
Disco pulidora dewaltr 7"	1	\$ 7.500,00	\$ 15.000,00	0	0	\$ 15.000,00
Chumaseira 1 .1/2"	2	\$45.000,00	\$45.000,00	0	0	\$45.000,00
Disco 14"3/8 espesor	1	\$35.000,00	\$35.000,00	0	0	\$35.000,00
Lamina 80 x 80	1	.40 .000,00	\$40.000,00	0	0	\$40.000,00
Total						\$2.025.000
Mano de obra						\$1.800.000
Transporte						\$200.000
Total máquina						\$4.025.000

Fuente: los autores. 2017.