

**EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE Y VARIABILIDAD DE LOS ANÁLISIS DE
PRECIOS UNITARIOS EN LOS PROCESOS DE MAMPOSTERIA EN LA
CIUDAD DE BUCARAMANGA, SANTANDER COLOMBIA**

ANGELA LORENA CARO SALAMANCA

YUDY MARIBEL SILVA SIEMPIRA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS**

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2017

**EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE Y VARIABILIDAD DE LOS ANÁLISIS DE
PRECIOS UNITARIOS EN LOS PROCESOS DE MAMPOSTERIA EN LA
CIUDAD DE BUCARAMANGA, SANTANDER COLOMBIA**

ANGELA LORENA CARO SALAMANCA

YUDY MARIBEL SILVA SIEMPIRA

Trabajo de Grado para optar el título de

Ingeniero(a) Civil

Director

GUILLERMO MEJIA AGUILAR

Ph.D. Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS**

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

BUCARAMANGA

2017

DEDICATORIA

Hoy me siento feliz, me siento satisfecha de lo que Dios y la vida han hecho en mí, en éste arduo camino de mi vida estudiantil he podido crecer al lado de grandes seres humanos que me han enseñado el valor de una verdadera amistad, hoy puedo decir que a pesar de las circunstancias y del miedo sigo en pie.

A Dios por permitirme llegar a ésta ciudad, por darme su sabiduría y fortaleza por levantarme en los momentos de prueba.

A mis papas Fanny y Uriel por su apoyo, su amor y su inquebrantable lucha.

A mis hermanos Diego y Brayan por creer en mí a pesar de los tropiezos.

A mis abuelos, tíos y primos(as) por su apoyo incondicional.

A Lorena mi amiga y compañera de tesis por su paciencia y su entrega para la culminación de este trabajo.

A mis amigos Anderson, Jonás, Luisa, Richard y Jessica por aceptarme tal cual soy y por compartir tantos momentos llevo en mí los mejores recuerdos.

A Laura mi amiga de regaños y complicidad.

A mis compañeros de tardes de estudio Cesar y Lina.

A mi equipo de Fútbol UIS por abrirme un espacio en sus vidas.

A Yasmín por su colaboración en estos dos últimos años de lucha.

Y a todas las personas con las cuales coincidí en algún momento y estuvieron presentes en ésta ardua travesía a ustedes muchas gracias, este logro es de todos.

Gracias UIS
YUDY SILVA S.

DEDICATORIA

Un largo camino con obstáculos, grandes batallas y enseñanzas, hoy se ve el fruto de los esfuerzos, agradecida con Dios y la vida, por cada fracaso y cada victoria, por lo vivido, gozado y aprendido.

Gracias María Lucero, madre, por ser mi pilote principal, por tu sacrificio y entrega, y a ti padre, Maximiliano, por nunca desfallecer, porque cada uno a su manera me ha brindado lo mejor de su ser.

La vida me premio con dos maravillosos hermanos, Roger y Oscar, a los que agradezco sus consejos, regaños, amor y confianza, por no dejar de luchar, buscando sacar mi mejor versión, a pesar de mis defectos y virtudes.

Sandy y Yessica, hermanas de corazón, que con sus acciones me demuestran su amor y apoyo total.

Dios, gracias por cada persona que pones en mi camino. Yudy, compañera de tan larga lucha, en la que hoy somos victoriosas; Anderson "amore mío" compañero fiel e incondicional; Aleja "bebé", tu que me aceptas, conoces y apoyas, infinita gratitud.

A mis amigos (as) y familiares, que lejos o cerca, siempre contribuyeron con palabras y/o actos, motivándome para alcanzar este logro, compañeros de estudio y de vida, que además de impulsarme en mi formación profesional, me ayudan a crecer como persona.

Gracias UIS por la ingeniera que hoy soy.

ÁNGELA LORENA CARO SALAMANCA.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras de ésta investigación agradecen en primer lugar a Dios por dar la sabiduría, paciencia y fortaleza en el transcurso académico de su formación profesional. De antemano agradecen a sus padres por el apoyo incondicional, a la Universidad Industrial de Santander, a sus docentes en especial al Ph.D. Guillermo Mejía Aguilar por su entrega, dedicación y guía en la elaboración de ésta investigación y a todas aquellas personas que contribuyeron positivamente en el logro de etapa estudiantil.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 19 |
| 1.1. MAMPOSTERÍA | 19 |
| 1.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS..... | 21 |
| 1.2.1. Análisis de tareas | 23 |
| 1.2.2. Análisis de recursos..... | 25 |
| 1.3. SIMULACIÓN | 29 |
| 1.4. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD | 30 |
| 1.4.1. Distribución normal | 30 |
| 1.4.2. Distribución uniforme | 31 |
| 1.4.3. Distribución triangular | 33 |
| 2. OBJETIVOS | 35 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL | 35 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 35 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 36 |
| 3.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS UNITARIOS | 36 |
| 3.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE..... | 36 |
| 3.3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS | 38 |
| 3.4. ANALISIS DE PRODUCTIVIDAD / RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN..... | 39 |
| 3.4.1. Materiales | 40 |
| 3.4.2. Mano de obra..... | 41 |
| 3.4.3. Análisis de mercado para conseguir los recursos..... | 41 |
| 3.4.4. Análisis de sensibilidad para tomar decisiones..... | 43 |

| | |
|---|----|
| 4. RESULTADOS | 46 |
| 4.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS PRECIOS DE LADRILLO H-10 | 46 |
| 4.2. DISTRIBUCIÓN DEL PORCENTAJE DE DESPERDICIO | 49 |
| 4.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA | 50 |
| 4.4. RESULTADOS GENERALES | 51 |
| 4.4.1. Análisis de consumo | 52 |
| 4.4.2. Análisis de precio del ladrillo h-10 | 53 |
| 4.4.3. Análisis de rendimiento mano de obra | 57 |
| 4.4.4. Análisis de materiales y equipos | 58 |
| 4.5. ANÁLISIS COSTO DIRECTO TOTAL | 60 |
| CONCLUSIONES | 62 |
| RECOMENDACIONES | 63 |
| ANEXOS | 66 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1: Ejemplo formato tabla de rendimientos | 28 |
| Tabla 2. Costo de mano de obra | 29 |
| Tabla 3. Listado de cotizaciones precio Ladrillo H-10. Dimensiones 30x20x10cm. | 42 |
| Tabla 4 . Listado de rendimientos de mano de obra en muros de mampostería con aparejo tipo sogá..... | 43 |
| Tabla 5. Listado de Análisis de precios unitarios revisados. | 44 |
| Tabla 6. Resultados de la revisión de los Análisis de precios unitarios..... | 46 |
| Tabla 7. Estadística descriptiva valor unitario del ladrillo H-10..... | 47 |
| Tabla 8. Estadística descriptiva valores de porcentaje de desperdicio..... | 49 |
| Tabla 9. Estadística descriptiva valores de rendimientos de mano de obra..... | 51 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Mampostería simple..... | 20 |
| Figura 2. Mampostería de cavidad reforzada..... | 20 |
| Figura 3. Mampostería confinada..... | 21 |
| Figura 4. Formato Análisis de precios unitarios APU..... | 22 |
| Figura 5. Ejemplo del esquema grafico de representación de la WBS | 24 |
| Figura 6. Ejemplo del esquema lista de tareas de la WBS | 24 |
| Figura 7. Distribución Normal..... | 31 |
| Figura 8. Función de densidad de probabilidad de la distribución uniforme..... | 32 |
| Figura 9. Función de distribución de probabilidad de la distribución uniforme | 32 |
| Figura 10 . Función de densidad de probabilidad de la distribución triangular CASO I | 33 |
| Figura 11. Función de densidad de probabilidad y distribución acumulativa de la distribución triangular CASO II | 33 |
| Figura 12 . Función de densidad de probabilidad y distribución acumulativa de la distribución triangular CASO III | 34 |
| Figura 13. Esquema del Análisis de productividad..... | 40 |
| Figura 14. Dimensiones del ladrillo H-10 | 41 |
| Figura 15. Ajuste de los datos de ladrillo H-10..... | 47 |
| Figura 16 . Histograma de diagnóstico valor unitario de ladrillo H-10, software Minitab..... | 48 |
| Figura 17. Función de densidad de probabilidad valor unitario de ladrillo H-10, software Easyfit. | 48 |
| Figura 18. Histograma de diagnóstico porcentaje valores de desperdicio, software Minitab..... | 49 |
| Figura 19. Función de densidad de probabilidad valores de porcentaje de desperdicio, software Easyfit..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 20. Función de densidad de probabilidad valores de rendimientos de mano de obra software Easyfit..... | 51 |
| Figura 21. Análisis de precios unitarios estándar..... | 52 |
| Figura 22. Histograma de consumo total de ladrillo H-10, software Minitab | 53 |
| Figura 23. Función de densidad de probabilidad de consumo total de ladrillo H-10, software Easyfit | 54 |
| Figura 24. Histograma del valor parcial del ladrillo H-10 software Minitab | 54 |
| Figura 25. Función de densidad de probabilidad del valor parcial del ladrillo H-10 software Easyfit | 55 |
| Figura 26. Histograma del valor parcial de materiales, software Minitab | 56 |
| Figura 27 . Función de densidad de probabilidad del valor parcial de materiales, software Easyfit | 56 |
| Figura 28. Histograma del valor parcial de rendimiento mano de obra, software Minitab..... | 57 |
| Figura 29. Función de densidad de probabilidad del valor parcial de rendimiento mano de obra, software Easyfit | 58 |
| Figura 30. Histograma del valor parcial de herramienta y equipo, software Minitab | 59 |
| Figura 31. Función de densidad de probabilidad del valor parcial de herramienta y equipo, software Easyfit | 59 |
| Figura 32. Histograma del costo directo total, software Minitab..... | 60 |
| Figura 33. Función de densidad de probabilidad del costo directo total, software Easyfit..... | 61 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo A. Ejemplo de revisión de formatos APU. | 66 |
| Anexo B Ejemplo de cotizaciones de valor unitario en obra de ladrillo H-10 de dimensiones 30x20x10 cm. | 67 |
| Anexo C Ejemplo de estudio de rendimientos mano de obra en muro de mampostería aparejo tipo sogá, espesor 10 cm. | 67 |
| Anexo D Plantilla de simulación y distribuciones. | 68 |
| Anexo E Plantilla de costo de mano de obra 2017. | 69 |

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE Y VARIABILIDAD DE LOS ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS EN LOS PROCESOS DE MAMPOSTERÍA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, SANTANDER COLOMBIA

AUTOR: ÁNGELA LORENA CARO SALMANCA-; YUDY MARIBEL SILVA SIEMPIRA

PALABRAS CLAVE: Variabilidad, Análisis de precios unitarios, Rendimientos, Mampostería, Distribuciones de probabilidad, Modelación, Simulación, Precio unitario, Costo directo.

DESCRIPCIÓN:

En este artículo se presentan algunas de las posibles variaciones de información que se puede encontrar en los diferentes formatos de análisis de precios unitarios relacionados con el proceso de mampostería simple, para ello se hace una recolección de información existente en diferentes obras de la ciudad y a través de la internet. Los análisis de precios unitarios son un modelo matemático de representación de los procesos constructivos realizados en obra. En él se tiene en cuenta la valoración de los materiales, mano de obra, equipos y herramientas utilizados en las actividades que se requieren para ejecutar y materializar dicho proceso. El presente estudio analizó la variabilidad de la información del proceso, modelando sus distribuciones de probabilidad, las cuales expresan el comportamiento de la información de rendimientos de mano de obra y precio unitario del ladrillo H-10 en la ciudad de Bucaramanga, también se hace una distribución para el valor de desperdicio en el ladrillo H-10 y a partir de valores parciales se obtiene una distribución total para el costo directo de un APU estándar que se estableció previamente. Posteriormente se genera una plantilla de simulación en la que se genera los posibles valores totales de costo directo de la actividad de mampostería simple y para ello también se genera una distribución estadística. Los software Minitab, EasyFit y Excel office fueron utilizados en la simulación y ajuste de distribuciones.

*Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías físico – mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director. Guillermo Mejía Aguilar, Ph.D, Ingeniero Civil.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF UNCERTAINTY AND VARIABILITY OF UNITARY PRICE ANALYSIS IN THE MAMPOSTERIA PROCESSES IN THE CITY OF BUCARAMANGA, SANTANDER COLOMBIA

AUTHORS: ANGELA LORENA CARO SALMANCA; YUDY MARIBEL SILVA SIEMPIRA

KEY WORDS: Variability, Analysis of unitary prices, Yields, Masonry, Distributions of probability, Modeling, Simulation, Unit price, Direct cost.

DESCRIPTION:

This article presents some of the possible variations of information that can be found in the different formats of unit price analysis related to the simple masonry process, for it is done a collection of information existing in different works of the city and through Of the internet. Unit price analyzes are a mathematical model of representation of construction processes performed on site. It takes into account the valuation of the materials, labor, equipment and tools used in the activities required to execute and materialize said process. The present study analyzed the variability of the information of the process, modeling its probability distributions, which express the behavior of the information of labor yields and unit price of brick H-10 in the city of Bucaramanga, also makes a Distribution for the value of waste in brick H-10 and from partial values a total distribution is obtained for the direct cost of a standard APU that was previously established. Subsequently a simulation template is generated in which the possible total direct cost values of the simple masonry activity are generated and for this a statistical distribution is also generated. Minitab, EasyFit and Excel office software were used in the simulation and adjustment of distributions.

*Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías físico – mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director. Guillermo Mejía Aguilar, Ph.D, Ingeniero Civil.

INTRODUCCIÓN

En la industria de obras civiles, los proyectos pueden presentar problemas debido a la incertidumbre inherente en ellos, la cual es resultado de la variabilidad de la productividad y las interferencias externas al proyecto, lo que afecta de forma directa el valor previsto de sus procesos. Según los autores Chapman y Ward (2003),¹ estos factores de incertidumbre y variabilidad pueden clasificarse en cinco categorías:

- 1- Variabilidad asociada con las estimaciones.
- 2- Incertidumbre sobre la base de las estimaciones.
- 3- Incertidumbre sobre el diseño y logísticas.
- 4- Incertidumbre sobre los objetivos y prioridades.
- 5- Incertidumbre sobre las relaciones fundamentales entre los actores del proyecto.

De acuerdo a la Guía de PMBOK (PMI 2004),² los proyectos de construcción son un esfuerzo temporal que permiten entregar una obra de infraestructura basados en uno objetivo general.

Sin embargo, debido a su naturaleza, se genera incertidumbre y variación en el producto entregable final. El análisis de los costos es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en la realización de un proyecto ya que de éste depende el presupuesto final y su estimación puede presentar problemas desde la planeación hasta su ejecución, ya que las variaciones externas e internas son

¹ CHAPMAN, Chris y WARD Stephen [online]. Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights. 2 ed. Southampton: John Wiley & Sons Ltd, 2003.79 p. [Citado 04, diciembre de 2016]. Disponible en: <https://goo.gl/htGkUB>

² PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE.II. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). 5 ed. Pensilvania: PMI Publications.1984. 336p.

diversas. Para que exista un presupuesto aproximado a la realidad, se debe tener en cuenta, el impacto que causan las variaciones de algunos elementos importantes en los presupuestos, como lo son los análisis de precios unitarios (APU) de cada actividad en obra.

El presente artículo analiza las posibles variaciones, que se pueden presentar, en los análisis de precios unitarios de mampostería simple, teniendo en cuenta la estructura funcional de un APU. El APU debe estar definido por un alcance, donde se detalle las características específicas del producto final del proceso o ítem analizado, los recursos como materiales, equipos y mano de obra, factores que representan el costo directo de la actividad a realizar.

El proceso constructivo de mampostería está sujeto a múltiples variables que modifican el costo total de la actividad, por ello al hacer el análisis de precios unitarios, éste debe tener una definición precisa del alcance, ya que de esta manera se delimitan las actividades previas a desarrollarse. Cuando no se tienen unos parámetros específicos sobre los procesos y los recursos a utilizar, se genera variabilidad e incertidumbre, lo que altera económicamente el desarrollo del proyecto en su ejecución.

Mediante la aplicación de técnicas estadísticas como la simulación, se pueden ajustar los datos cuantificables del APU estableciendo el comportamiento de éstos y ajustándolos a distribuciones de probabilidad que permitan evaluar el impacto que se genera en el costo total de las tareas en obra, y a su vez, proporcione una mejor información para la toma de decisiones en cualquier proyecto constructivo que involucre la mampostería.

1. MARCO TEÓRICO

Dado que el tema de enfoque de éste trabajo investigativo está centrado en los procesos constructivos de la mampostería, y la importancia de un buen uso de los análisis de precios unitarios, se debe establecer un alcance, el cual permita definir los parámetros necesarios para que la variabilidad y la incertidumbre en los presupuestos de obra sean bajas; estos parámetros dependen del tipo de mampostería a utilizar y el manejo de los recursos.

1.1. MAMPOSTERÍA

La mampostería es un sistema tradicional de construcción que consiste en levantar muros con ladrillos, bloques o piedras. Esta permite una gran reducción en desperdicios y a su vez es apto para edificaciones de gran altura. La mayoría de las construcciones involucran la mampostería de alta costumbre, la cual varía de acuerdo a los requerimientos del proyecto, ya que esta puede ser portante o no portante estructuralmente.³

Los tipos de mampostería están clasificados de acuerdo al refuerzo estructural que emplee, en los cuales se tiene:⁴

- Mampostería simple, en esta los muros construidos con piezas de mampostería unidas con mortero de pega, no hacen ningún aporte estructural a la edificación, ya que no tienen refuerzo, como se muestra en la Figura 1.

³ MARTINEZ, Wilmar. Mampostería estructural, pisos y pañetes. [Diapositivas prezi].2014, Mampostería.

⁴ ARQHYS, Revista. Tipos de mampostería, Diciembre 2012. [Citado 04, diciembre de 2016]. Disponible en: <https://goo.gl/YaJSav>

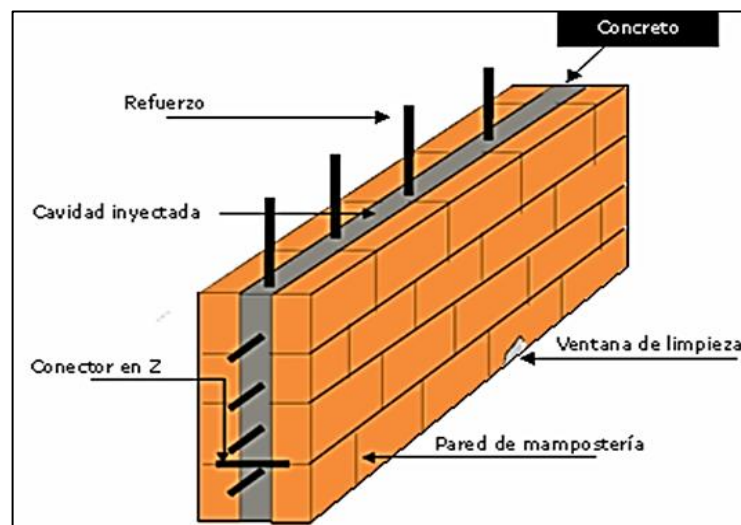
- Mampostería reforzada parcial o completamente, su construcción se fundamenta en la realización de muros con piezas de mampostería vertical, unidas por medio de mortero y reforzadas internamente con barras y alambres de acero, como se representa en la Figura 2.

Figura 1. Mampostería simple.



Fuente. Barreto G Ruby Alexandra, mayo 3 2015, MAMPOSTERIA 2015.
<http://arquitecturamodernasena.blogspot.com.co/2015/05/mamposteria.html>

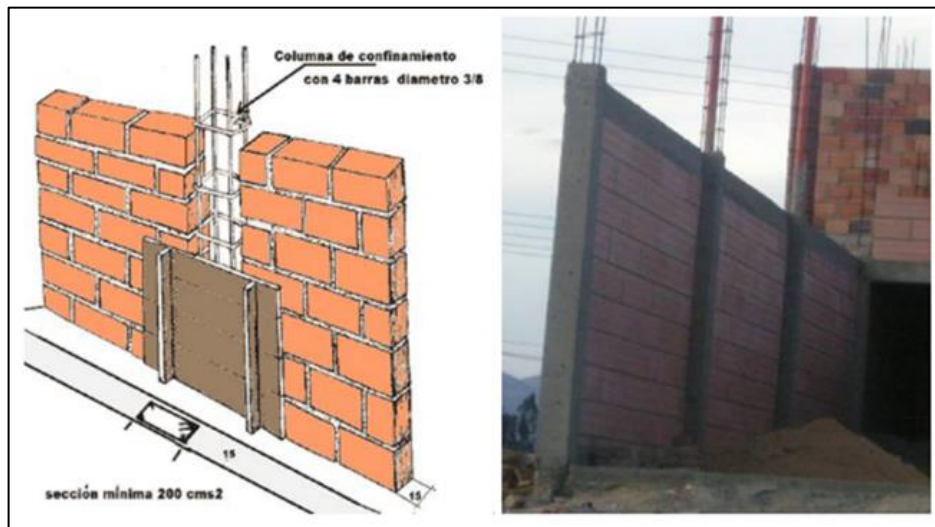
Figura 2. Mampostería de cavidad reforzada



Fuente: <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/T/terracota1edificiosaltos/terracota1edificiosaltos.asp>

- Mampostería confinada, se realizan los muros con piezas de mampostería adheridas con mortero de pega, reforzados principalmente con elementos de concreto vigas y columnas construidas en los bordes del muro, mostrada en la Figura 3.

Figura 3. Mampostería confinada



Fuente. UNAD, CAPITULO 4. Const. trad. e indust.concreto, Lección 17. Mampostería confinada.

Constructivamente los muros se pueden clasificar de acuerdo a la traba o disposición de los ladrillos, llamada aparejo, el cual estipula las dimensiones del muro en cuanto a su espesor, algunos de los más usados en la industria constructiva son: aparejo en soga, aparejo en tizones o a la española, aparejo en sardinel, aparejo inglés, aparejo en panderete y aparejo palomero.

1.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Unos de los pasos más relevantes a seguir cuando se está elaborando un proyecto de construcción es la formulación de lo que se desea crear, los procesos

a seguir para su ejecución y por ende llegar un costo total definiendo un presupuesto final, para llegar a esto se deben establecer los análisis de precios unitarios de cada tarea a realizar. Un APU se define como el costo de una actividad por unidad de medida elegida, en el cual usualmente se dan las valoraciones de los costos directos como los materiales, mano de obra, equipos y herramientas sumado a los costos indirectos. ⁵

Figura 4. Formato Análisis de precios unitarios APU

| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | |
|-------------------------------|---------|--------|---------|-----------------|---------------|
| ITEM | | | | | UNIDAD |
| I MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | ALCANCE | UNIDAD | CONSUMO | VALOR UNITARIO | VALOR PARCIAL |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Subtotal: | | | | | |
| II EQUIPOS | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | ALCANCE | UNIDAD | RENDMTO | TARIFA | VALOR PARCIAL |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Subtotal: | | | | | |
| III MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | ALCANCE | UNIDAD | RENDMTO | VALOR UNITARIO | VALOR PARCIAL |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Subtotal: | | | | | |
| IV OTROS | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | ALCANCE | UNIDAD | FACTOR | PRECIO UNITARIO | VALOR PARCIAL |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Subtotal: | | | | | |
| COSTO DIRECTO: | | | | | |
| AIU%: | | | | | |
| COSTO UNITARIO: | | | | | |

Fuente. Mejía Aguilar Guillermo, 2008, Apuntes clase de construcción, Costos de procesos constructivos.

Para la elaboración de un análisis de precios unitarios es importante tener en cuenta, que no existe un formato estándar. Sin embargo, ésta investigación proporciona un ejemplo que se ha construido a partir de la información recolectada

⁵ MARTINEZ ZAMBRANO, José Bladimir. Ingeniería civil construcción presupuestos [blog].8 de Marzo, 2016.

y que a su vez dio lugar para el análisis de variabilidad e incertidumbre que ellos generan.

1.2.1. Análisis de tareas Es una técnica de investigación de diseño de interacción. Definido como el estudio de lo que se requiere del usuario en términos de acciones y/o procesos cognitivos para completar una tarea. En este análisis se establece un procedimiento o forma específica de realizar las actividades con el fin de disminuir riesgos. ⁶

La estructura de descomposición del trabajo (EDT), también conocida por su nombre en inglés Work Breakdown Structure o WBS, tiene como objetivo descomponer las tareas generales en subdivisiones más simples y manejables. En este documento descompone el alcance del proyecto, en paquetes de trabajo individuales que lo conforman y permiten llegar a producto resultante final; de tal forma que cada nivel muestra los paquetes de trabajo que forman parte del paquete en el nivel superior. Se representa como un organigrama de jerarquía de los componentes de una actividad, que muestra la secuencia de tareas en el orden requerido.

La descomposición de tareas se puede llevar a cabo mediante las siguientes etapas:

Identificar la tarea a analizar a partir de la lista de tareas.

Descomponer en subtareas, las cuales deben estar especificadas en términos de objetivos y, entre ellas, deberían cubrir el área de interés.

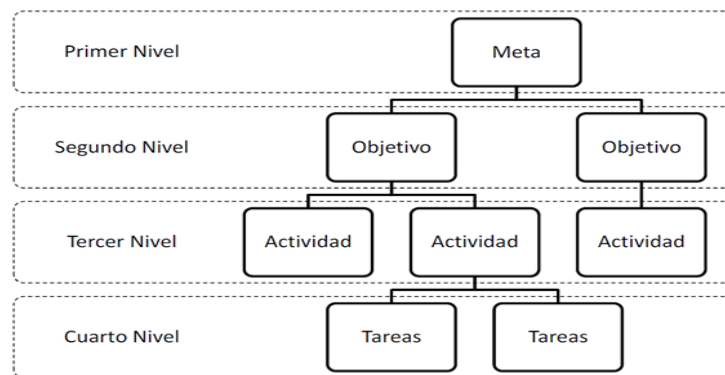
Dibujar las subtareas como un diagrama asegurando que está completo.

⁶ HSPENCER. [Online]. Análisis de tareas: Descomposición de tareas [Citado 10, enero de 2017] Disponible en: <https://goo.gl/OoXFQr>

Decidir sobre el nivel de detalle de la descomposición, lo que asegurará un tratamiento consistente de la situación.

Existen dos formas de representar un WBS. La primera mediante una representación gráfica, en forma de árbol, como se muestra en la Figura 1. La segunda consiste en una lista de tareas a realizar, como muestra la Figura 5 y 6.⁷

Figura 5. Ejemplo del esquema grafico de representación de la WBS



Fuente. Ramos Alirio, junio 6 2016

Figura 6. Ejemplo del esquema lista de tareas de la WBS

⁷ FLORÍA CORTÉS, Alejandro. [Online]. Manual de Técnicas para el Diseño Participativo de Interfaces de Usuario de Sistemas basados en Software y Hardware. Zaragoza. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Centro Politécnico Superior | Universidad de Zaragoza,2000.[Citado 14, Noviembre,2016].Disponible en : <https://goo.gl/WgzyKi>

0. Proyecto.
 1. Especificar necesidades.
 - 1.1. Estudiar Sistema Actual.
 - 1.2. Añadir Nuevas Características.
 2. Analizar Contabilidad.
 - 2.1. Estudiar Procesos.
 - 2.2. Estudiar Datos.
 3. Diseñar Aplicación.
 - 3.1. Diseño 1.
 - 3.2. Diseño Programas.
 4. Codificación.
 - 4.1. Construcción del esquema.
 - 4.2. Codificación de los Programas
 5. Pruebas
 - 5.1. Prueba de Unidades
 - 5.2. Prueba del Sistema

Fuente. www.upv.es/~jmontesa/eog/5-eog00.doc

1.2.2. Análisis de recursos Este análisis se realiza con el fin de estimar los recursos necesarios en el desarrollo de una actividad. En este se determina el tipo y la cantidad de materiales, personas, equipos o suministros requeridos para llevar a cabo los procesos. Está directamente relacionado con el proceso de estimación de costos.

Estas asignaciones pueden sumarse de acuerdo los recursos estimados para cada paquete de trabajo de la EDT/WBS. Estas estimaciones se realizan por medio de una estructura de desglose de recursos (RBS), conocida en inglés como Resources Breakdown Structure. Para su realización se necesita como base:

- Lista de Actividades: resultado de la descomposición de los paquetes de trabajo de la EDT en las actividades necesarias para realizarlos.
- Planes de Proyecto: Plan para la Dirección del Proyecto
- Cambios Aprobados: Aquellos cambios en el proyecto que hayan sido aprobados tras pasar por el Proceso de Control de Cambios

Además de las entradas anteriores, las mejores prácticas en Dirección de Proyectos proponen otras adicionales, como son:

- Factores ambientales de la empresa: Funcionamiento de la empresa, posicionamiento de la misma, capacidades generales, sector al que pertenece, etc.
- Activos de los procesos de la organización: Políticas, guías, procedimientos de la organización para la selección de personal. También, para alquiler y adquisición de materiales y equipos.
- Atributos de la actividad: Identifican los múltiples componentes que caracterizan a la actividad, entre ellos: Identificador de la actividad en la EDT, nombre de la actividad, descripción, actividades predecesoras y sucesoras, requisitos de recursos de la actividad, fechas de inicio y final de la actividad, entre otras.
- Calendarios de recursos: documentan los períodos de tiempo en los que los miembros del personal pueden trabajar en el proyecto.⁸

1.2.2.1 Materiales

Este término hace referencia al conjunto de elementos necesarios para la realización de una tarea o actividad específica. En el caso de la mampostería simple los materiales a tener en cuenta son: mortero de pega y unidades de mampostería.

- **Consumo y Desperdicios:** El consumo es la cantidad de recursos necesarios para realizar por completo una actividad.

⁸ ISO 21500.Grupo de materias: Gestión de los recursos. [Online]. [Citado 27, noviembre,2016].Disponible en : <https://goo.gl/PUesoa>

Los desperdicios hacen referencia a las unidades de materiales y/o productos que se desechan, ya que no cumplen con los estándares de calidad especificados, que no generan valor alguno.

Estos factores son de gran importancia, debido a que ayudan a tener un análisis de costos más exacto del proyecto.

- **Costo Unitario:** Es el costo en el que se incurres para producir una unidad de un bien o servicio. Es decir, es la sumatoria de todos los costos fijos y variables que se usan en la producción de un producto final entregable, como la mano de obra, materiales, equipos y herramientas, transporte, costos administrativos, etc. y eso dividido entre las unidades producidas y el resultado es el costo unitario.

1.2.2.2 Mano de obra

Está denominada como el esfuerzo físico y mental que se emplea en el proceso constructivo o de elaboración de un bien o servicio. Donde “mano” hace referencia al trabajo y “obra” al producto tangible o intangible entregable; equivale a todos los recursos humanos que se necesitan. Además, este concepto también se usa para referirse al costo de la labor, es decir, al pago que remunere el trabajo. Existen dos tipos de mano de obra la que interviene de forma directa en la realización del producto, por ejemplo, las labores que realiza un albañil en una edificación y otras que actúan indirectamente, como las tareas de administración, gestión, comercialización y/o control, que se vinculen al proceso.⁹

La mano de obra, como componente del proceso constructivo, es una variable que afecta directamente la productividad, por tanto, es importante regular los rendimientos y consumos de mano de obra.

- **Rendimiento de mano de obra**

⁹ PÉREZ PORTO, Julián y MERINO María. [Online] ,2011, Definición de mano de obra.[Citado13,noviembre de 2016] Disponible en : <https://goo.gl/mR7nJP>

Se define como el tiempo que es necesario para ejecutar una actividad por unidad de obra. Generalmente expresada como hH/um (hora Hombre por unidad de medida de la actividad). Para efectos de este trabajo investigativo se manejará el rendimiento como hc/um (hora cuadrilla por unidad de medida de la actividad).¹⁰

Las cuadrillas en construcción son el grupo humano conjunto para realizar un determinado trabajo de manera eficiente, su nomenclatura se expresa como: número de maestros oficiales por el número de ayudantes generales, ejemplo, en la edificación de un muro de mampostería simple usualmente se requiere de un maestro oficial y un ayudante general, es decir, una cuadrilla (1x1).

La interpretación de los valores de rendimiento para el caso se da de la siguiente manera, mostrada en Tabla 1:

Tabla 1: Ejemplo formato tabla de rendimientos

| Actividad | Unidad | Oficial Hora | Ayudante Hora | Cuadrilla Hora |
|---|----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Muro ladrillo H-10, espesor de 0.10 m (soga) | m ² | 1.33 | 1.33 | 1.33 |

Según el ejemplo se entiende que, para hacer un metro cuadrado de muro, en ladrillo H-10, en aparejo tipo soga, un oficial y un ayudante por independiente gastan 1.33 horas, también se puede expresar como 2.66 horas Hombre o 1.33 hora cuadrilla.

El salario mínimo legal mensual vigente en Colombia para el año 2017 según el Decreto 2209 del 30 de diciembre del 2016 es de \$737.717= (setecientos treinta y

¹⁰ UNAD, Modulo administración del recurso humano en obra. unidad i. generalidades de la organización empresarial en el sector de la construcción, Capítulo 2. PLANEACIÓN DE OBRA, Lección 9. Rendimientos de mano de obra en la construcción

siete mil setecientos diecisiete pesos). De acuerdo a esto para efectos de esta investigación se calculó por hora cuadrilla un costo de mano de obra los valores mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Costo de mano de obra

| CUADRILLA TIPO | CUADRILLA | | |
|----------------|--------------|------------|-----------|
| | V/r MES | V/r DÍA | V/r HORA |
| Cdlla 0x1 | \$ 3,505,441 | \$ 116,848 | \$ 14,606 |
| Cdlla 1x0 | \$ 3,204,973 | \$ 106,832 | \$ 13,354 |
| Cdlla 1x1 | \$ 6,710,413 | \$ 223,680 | \$ 27,960 |

1.3. SIMULACIÓN

La simulación es la técnica empleada para formar una herramienta de gestión en un ambiente incierto, para aumentar la intuición en la experiencia del tomador de decisiones en condiciones de incertidumbre. Esta se refiere a la operación de un modelo numérico que representa la estructura de un proceso dinámico, donde se tienen los valores de las condiciones iniciales, los parámetros y las variables externas, llevando a cabo una simulación mediante métodos iterativos, que permita representar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. ¹¹

Simular permite mediante técnicas cuantitativas, basada en hechos de suposiciones, generar duración y costo de cada actividad en un plan mediante el cálculo al azar de un valor factible, a partir de una distribución de frecuencias probabilísticas se obtiene el rango y el patrón de posibles resultados de una actividad. El resultado se representa normalmente como un gráfico de distribución acumulativa y un histograma de frecuencias.

¹¹ BENNET, John y ORMEROD Richard. Simulation applied to construction Projects: Construction Management and Economics. Reading: Routledge, 1984.40

1.4. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Una distribución de probabilidad se puede concebir como una distribución teórica de frecuencia, y esta define como pueden variar los resultados.

Las distribuciones se dividen de acuerdo al tipo de variable, ya sea una variable discreta o una variable continua¹².

Las características más importantes de una distribución de probabilidad son:

- La probabilidad de un resultado específico que va de cero a uno.
- La sumatoria de todos los resultados de probabilidad mutuamente excluyentes es igual a 1.

1.4.1. Distribución normal

Es una distribución de variable continua, su campo de acción se encuentra entre $[-\infty, \infty]$. Fue publicada por Gauss al estudiar la distribución de los errores en la observación. Es quizás la distribución de probabilidad más importante, y, esto se debe a tres razones principales.

- 1- Permite modelar un gran número de fenómenos naturales, sociales y psicológicos.
- 2- Bajo ciertos parámetros muchas distribuciones de uso frecuente se pueden aproximar a la distribución normal.
- 3- De acuerdo al Teorema Central de Límite, todas las variables que se consideren causadas por un gran número de pequeños efectos, tiende a distribuirse con una distribución normal.

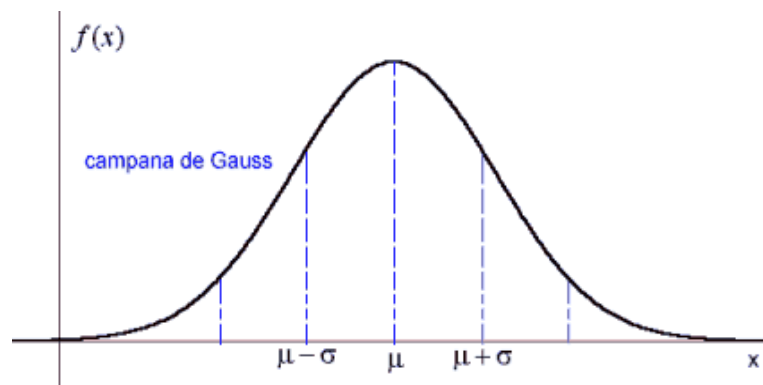
¹² EXPERTO GESTIOPOLIS.COM. ¿Qué son distribución de probabilidad, variable aleatoria y valor esperado?[Online].[Citado 20 , enero 2017] Disponible en: <https://goo.gl/MT9IFa>

Esta distribución es determinada por dos parámetros específicos: la media $[\mu]$ y la desviación típica $[\sigma]$ de los datos.

Las características principales de esta distribución son:

- Tiene forma de campana, es asintótica al eje de las abscisas en $x=\pm\infty$
- Simétrica con respecto a la media $[\mu]$, donde coinciden la mediana $[Mn]$ y la moda $[Mo]$.
- Los puntos de inflexión tienen como abscisas los valores $\mu \pm \sigma$

Figura 7. Distribución Normal



Fuente. Elaboración propia

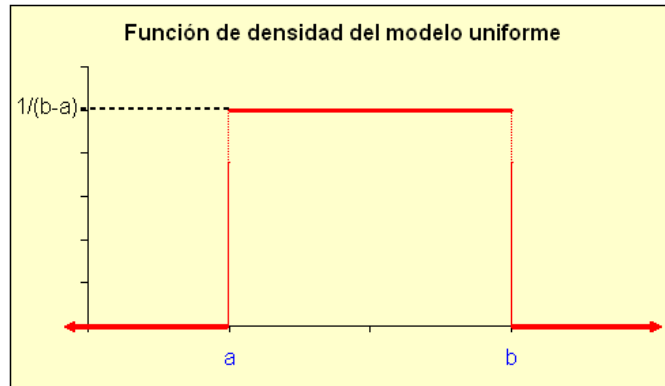
1.4.2. Distribución uniforme Es el modelo continuo más simple, que proviene de un proceso de extracción aleatoria. En este caso se plantea que la variable aleatoria que sólo toma valores comprendidos en un intervalo de extremos a y b , correspondientes a los valores mínimo y máximo, tienen la misma probabilidad.

La función de densidad de probabilidad e la distribución uniforme continua es:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{para } x < a \text{ o } x > b \end{cases}$$

Gráficamente:

Figura 8. Función de densidad de probabilidad de la distribución uniforme



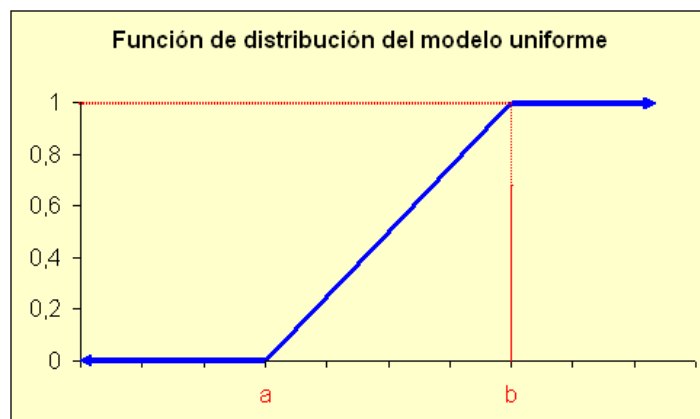
Fuente. <http://www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo4/B0C4m1t1.htm>

Para obtener la distribución, se integró la función de densidad con respecto a la variable x.

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < a \\ \frac{x - a}{b - a} & \text{para } a \leq x < b \\ 1 & \text{para } x \geq b \end{cases}$$

Gráficamente:

Figura 9. Función de distribución de probabilidad de la distribución uniforme



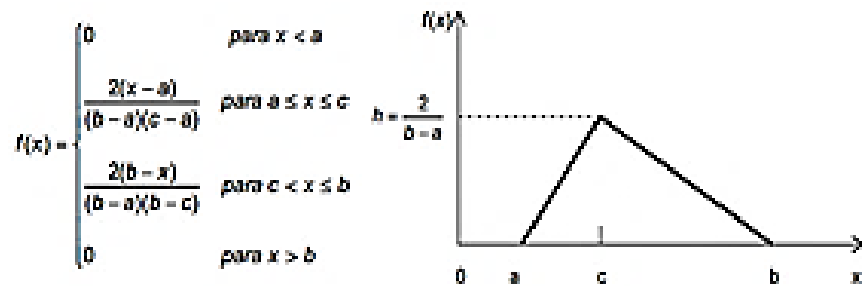
Fuente. <http://www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo4/B0C4m1t1.htm>

1.4.3. Distribución triangular

Su nombre se define por la forma de su función de densidad. Este modelo proporciona una aproximación cuando hay muy poca información disponible, conociendo básicamente el valor mínimo o pesimista [a], el valor máximo u optimista [b] y la moda o valor más probable [c]. Estos tres valores son los parámetros que caracterizan la distribución triangular. La distribución triangular puede presentar tres casos específicos de ocurrencia:

CASO I: Triángulo cualquiera

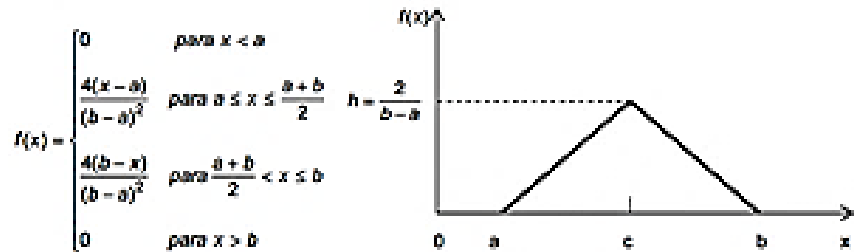
Figura 10 .Función de densidad de probabilidad de la distribución triangular CASO I



Fuente. MARCAILLOU Jean-Pierre, Modelos triangular y parabólico, CASIO Académico Venezuela.

CASO II: Triángulo isósceles

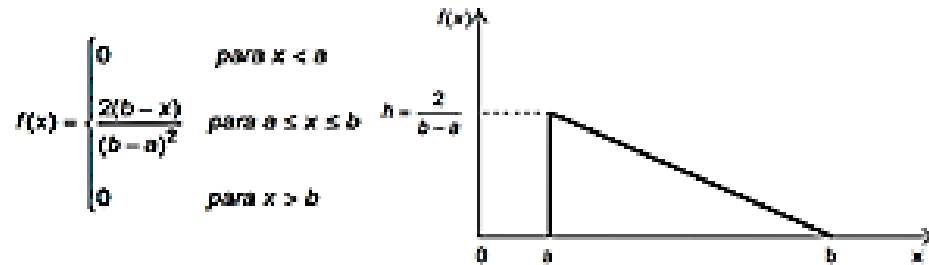
Figura 11. Función de densidad de probabilidad y distribución acumulativa de la distribución triangular CASO II



Fuente. MARCAILLOU Jean-Pierre, Modelos triangular y parabólico, CASIO Académico Venezuela

CASO III: Triángulo rectángulo

Figura 12 .Función de densidad de probabilidad y distribución acumulativa de la distribución triangular CASO III



Fuente. MARCAILLOU Jean-Pierre, Modelos triangular y parabólico, CASIO Académico Venezuela

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Medir el grado de variabilidad y el grado de incertidumbre en los análisis de precios unitarios para los procesos de mampostería en la ciudad de Bucaramanga, Santander Colombia.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la distribución de probabilidad que se genera en los rendimientos producidos por los factores internos que influyen en el proceso constructivo
- Calcular la distribución de probabilidad que se genera en los precios unitarios de los materiales causados por factores externos.
- Analizar la incidencia de la incertidumbre en la variabilidad generada en el costo directo.

3. METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS UNITARIOS

1. Definición y alcance del proceso (ítem de presupuesto)
 - Definir el objetivo (producto)= ítem de presupuesto.
 - Establecer una estrategia y técnica de construcción
 - Definir estructura de actividades (WBS) para el ítem (Análisis de tareas)

2. Análisis de requerimientos (ítem de presupuesto)
 - Análisis de recursos
 - Análisis del proceso – procedimiento, acorde con la estrategia (rendimiento, productividad y consumos)
 - Análisis de mercado -\$ adquisición de recursos

3. Decisión
 - Análisis de alternativas – análisis de sensibilidad
 - Decisión – presentación información¹³

3.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE

Se debe especificar de forma clara y precisa las características más importantes que debe tener el producto entregable final. En ésta definición de la actividad, se deben tener en cuenta los parámetros más relevantes del proceso constructivo para una buena ejecución, la estrategia o método constructivo, las especificaciones técnicas y las condiciones del sitio de la obra. En la elaboración

¹³ MEJÍA AGUILAR, Guillermo. Apuntes clase de construcción: Costos de procesos constructivos. Bucaramanaga:2008.25.

de ésta investigación se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros para la definición del alcance del APU del proceso de mampostería.

- Unidad de medida
- Espesor de muro
- Tipo de bloque
- Espesor de junta
- Tipo de Mortero de pega
- Acabado de muro
- Refuerzo

✓ ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO

En gestión de proyectos una estructura de descomposición del trabajo (EDT), también conocida por su nombre en inglés Work Breakdown Structure o WBS, es una herramienta fundamental para descomponer de manera jerárquica las tareas necesarias para la elaboración correcta del entregable final. Cada tarea se presenta de manera detallada. El propósito de la WBS es organizar y definir el alcance total del APU.¹⁴

✓ WBS PARA MAMPOSTERIA SIMPLE

A continuación, se mencionan las tareas implícitas en el proceso de mampostería simple.

- 1-** Replanteo: Consiste en estudiar y definir la modulación horizontal y vertical de los diferentes muros. demarcando guías y niveles de las hiladas.
- 2-** Preparación del mortero: Elaboración del mortero de pega especificado y humedecer los elementos de mampostería.

¹⁴ SILVELA, Manuel. [Online], Estructura de descomposición del trabajo EDT: RIB Spain, 2016. [Citado 14, enero, 2017] Disponible en : <https://goo.gl/sRFgrF>

- 3- Distribución de las hiladas y pega del ladrillo o unidades de mampostería: Instalar boquilleras y guías, marcar escantillón para niveles de hiladas, esparcir morteros en áreas de pega, sentar ladrillos, retirar sobrantes de la mezcla antes del fraguado y retapar pegas. Durante el proceso verificar alineamientos, plomos y niveles de las hiladas.
- 4- Limpieza: En caso de que el alcance del muro sea de acabado a la vista realizar labores de limpieza.

3.3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

✓ ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE RECURSOS (RBS)

Una estructura de desglose de recursos (RBS) de acuerdo a la WBS de tareas identificadas para el proceso.

De ésta manera la RBS nos enseña a entrar en más detalle de los recursos requeridos por las tareas o actividades en la mampostería y así poder hacer una mejor estimación de los costos directos del proceso. La estructura de desglose manejada en la investigación para mampostería simple es la siguiente: ¹⁵

- Se establecen los recursos de manera detallada para cada tarea establecida en el WBS

RECURSOS:

- MATERIALES
- EQUIPO Y HERRAMIENTAS
- MANO DE OBRA

¹⁵ RODRÍGUEZ LÓPEZ, Fernando. [Online]. Estructura de desglose del riesgo (EDR): Introducción del modelo para el fenómeno geotécnico, 2007. [Citado 14 , enero,2017] Disponible en: <https://goo.gl/Eghftd>

- OTROS

REPLANTEO:

- HERRAMIENTA MENOR: flexómetro, cimbra
- MANO DE OBRA: Administración (No se toma en cuenta para el APU)
- MATERIALES: No se tiene en cuenta
- OTROS:

PREPARACIÓN DE MORTERO:

- HERRAMIENTA MENOR: Pala, palustre, batea, balde, Zaranda
- MANO DE OBRA: Cuadrilla (0x1)
- MATERIALES: Arena de peña, cemento gris, ladrillo H-10 30x20x10

PEGA DE LADRILLO

- HERRAMIENTA MENOR: lápiz rojo, flexómetro, palustre, pala, balde
- MANO DE OBRA: Cuadrilla (1x0)
- MATERIALES: Mortero de pega, ladrillo H-10
- RIESGOS: Errores de procedimiento

LIMPIEZA

- HERRAMIENTA MENOR: Espuma
- MANO DE OBRA: Cuadrilla (0x1)
- MATERIALES: Agua
- RIESGOS: No aplica.

3.4. ANALISIS DE PRODUCTIVIDAD / RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN

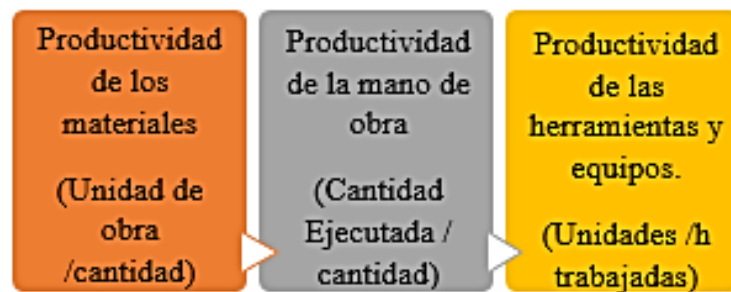
La productividad, en términos de resultados, puede definirse como el cociente de lo producido y lo gastado:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{CANTIDAD PRODUCIDA}}{\text{RECURSOS UTILIZADOS}}$$

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos.

En la construcción los principales recursos utilizados son los materiales, la mano de obra, herramientas y equipos, lo cual hace posible hablar de productividad independientemente para cada uno de ellos.

Figura 13. Esquema del Análisis de productividad

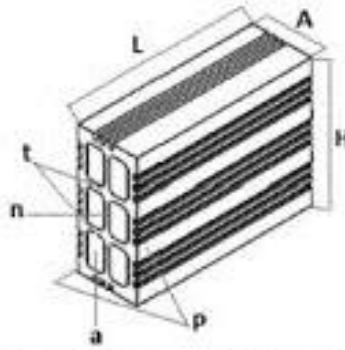


Fuente. Elaboración propia

Los recursos que fueron utilizados en ésta investigación tienen que ver con los materiales y la mano de obra y sus posibles variaciones dentro de los análisis de precios unitarios.

3.4.1. Materiales Los materiales a utilizar en la elaboración de un muro de mampostería son: las unidades de ladrillo, y mortero de pega. Sin embargo, hemos centrado la investigación en la variabilidad solamente de las dimensiones y precio de los ladrillos H-10. Las características morfológicas o dimensionales del ladrillo H10 son largo, ancho, altura del piso a la pieza, espesor y peso, relacionadas en la Figura 14.

Figura 14. Dimensiones del ladrillo H-10



Fuente. Asociación española de fabricantes de ladrillos y tejas de arcilla cocida HYSALYT

Dónde:

L= largo (cm)

A= ancho (cm)

H= alto (cm)

P= espesor más pequeño de las paredes (mm)

T= espesor más pequeño de los tabiques (mm)

N= espesor del nervio (mm).

3.4.2. Mano de obra

El rendimiento de mano de obra es la inversión de horas /hombre de construcción o por unidad de obra. En ésta investigación fueron analizados los posibles valores de rendimiento por cuadrilla que tiene la mano de obra en la mampostería simple, utilizando ladrillo H-10.

3.4.3. Análisis de mercado para conseguir los recursos

✓ COTIZACIONES PRECIO LADRILLO H-10 BUCARAMANGA

En la Tabla 3 se muestran los precios de ladrillo h-10 que fueron recolectados en la ciudad de Bucaramanga.

Tabla 3. Listado de cotizaciones precio Ladrillo H-10. Dimensiones 30x20x10cm.

| N° | PUNTO DE VENTA | Precio Unitario Puesto en |
|----|---|---------------------------|
| 1 | DURAN Y GARCÍA LTDA LADRILLERA ERGO | \$ 730 |
| 2 | FERRETERÍA ALDIA | \$ 800 |
| 3 | LADRILLOS Y TUBOS S.A.S | \$ 700 |
| 4 | FERRETERÍA SATELITE | \$ 800 |
| 5 | LADRILLERA RUGO | \$ 700 |
| 6 | DEPOSITO LA ROSITA | \$ 750 |
| 7 | BARATILLO DE MATERIALES | \$ 850 |
| 8 | DARIO PEREZ | \$ 763 |
| 9 | HOMECENTER | \$ 800 |
| 10 | UBICADA | \$ 720 |
| 11 | ARQUIGRES LTDA | \$ 935 |
| 12 | FERRETERÍA LA 30 SAN ALONSO | \$ 800 |
| 13 | FERRETERÍA SAN FRANCISCO | \$ 750 |
| 14 | DEPOSITO LA LIBERTAD | \$ 680 |
| 15 | COMULTRASAN | \$ 815 |
| 16 | FERRETERÍA JOSASE | \$ 700 |
| 17 | FERRETERÍA SUTIGÁS | \$ 710 |
| 18 | FERREMATE *ergo | \$ 710 |
| 19 | FERRETERÍA 13a con 29 | \$ 800 |
| 20 | FERRETERÍA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN LA REBAJA | \$ 830 |
| 21 | DISTRIBUIDORA FERREORIENTE | \$ 690 |
| 22 | FERRO-LUXURY | \$ 750 |
| 23 | FERRETERÍA DANI DIAZ | \$ 700 |
| 24 | FERREPINTURAS LA COLONIA SM | \$ 700 |
| 25 | LADRILLERA EL DIAMANTE BUCARAM. | \$ 700 |
| 26 | FERRETERÍA LEOR [calle 24 N° 20*17] | \$ 720 |
| 27 | CARPICENTRO ARDISA CALLE 24 | \$ 778 |
| 28 | DEPÓSITO DE MATERIALES SILVA E.U. | \$ 760 |
| 29 | ARQUIGRES LTDA CARA LISA | \$ 1,155 |

Fuente. Elaboración propia

- ✓ VALORES DE RENDIMIENTO POR CUADRILLA, PARA MAMPOSTERIA H-10 DE DIMENSIONES 30x20x10 cm.

En la Tabla 4 se muestran los valores de rendimientos de mano de obra utilizados en mampostería simple y aparejo en sogá. Estos valores son generales, debido a la poca información encontrada para la ciudad de Bucaramanga.

Tabla 4 . Listado de rendimientos de mano de obra en muros de mampostería con aparejo tipo sogá.

| Nº | Fuente | Unidad | Rendimiento Cudrilla |
|----|-------------------------------------|--------|----------------------|
| 1 | Ladrillo hueco e=10cm | H/m2 | 1.14 |
| 2 | Muro Block cemento | m2 | 0.6 |
| 3 | Muro bloque hueco # 4 | m2 | 0.62 |
| 4 | Ladrillo prensado (soga) e=11cm 2-c | m2 | 1.30 |
| 5 | Ladrillo prensado (soga) e=11cm 1-c | m2 | 1.15 |
| 6 | Ladrillo común (soga) | m2 | 0.62 |
| 7 | Mamposteria en ladrillo ceramico | m2 | 0.416142 |
| 8 | Muro de tabique hueco e=10cm | m2 | |
| 9 | Bloque H-10 | H/m2 | 0.33 |
| 10 | Muro en bloque No. 4 0.10 | hc/m2 | 1.19 |
| 11 | Ladrillo prensado 0.11 2-c | m2 | 1.3 |
| 12 | Ladrillo prensado 0.11 1-c | m2 | 1.15 |
| 13 | Ladrillo común | m2 | 0.62 |

Fuente. Elaboración propia

3.4.4. Análisis de sensibilidad para tomar decisiones Ésta metodología se basa en un conjunto de referencias probabilísticas, las cuales permiten una discusión lógica y de calidad. El análisis de sensibilidad describe los cambios en las probabilidades cuando se hace un proceso de simulación.

3.4.4.1. Análisis de los precios del ladrillo

Se hace una revisión de los diferentes formatos de APU recolectados, para hacer una comparación con el modelo estándar definido por ésta investigación.

Los APU se enumeraron y están descritos en la Tabla 5.

Tabla 5. Listado de Análisis de precios unitarios revisados.

| Nº APU | REFERENCIA |
|--------|---|
| 1 | Proyecto Casa Campestre |
| 2 | Construdata |
| 2.1 | Muro divisorio N°4 |
| 2.2 | Muro divisorio N°5 |
| 2.3 | Muro divisorio N°5 |
| 3 | Construcción edificio bloque 12 apartamentos |
| 4 | Construcción y mantenimiento cerramiento en malla |
| 5 | NN-1 |
| 6 | NN-2 |
| 7 | Construcción de viviendas para personas |
| 8 | Acondicionamiento de vivienda unifamiliar |
| 9 | Construcción edificio bloque 12 apartamentos |

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con los datos recolectados en las cotizaciones del precio del ladrillo H-10 en Bucaramanga, se hace una revisión previa del comportamiento de estos valores, son ingresados al software Minitab y se hace una simulación para determinar las posibles distribuciones a las cuales se ajusta.

3.4.4.2. Análisis de desperdicios

Para el análisis de desperdicios se tiene en cuenta que pueden existir dos casos.

- Por manejo y descargue del material
- Por operación propia de su utilidad

Basados en la experiencia y en los datos encontrados, se observa un rango de desperdicios para los materiales entre el 3 % y el 10% del consumo total por metro cuadrado del ladrillo H-10 para un muro de mampostería. Es importante aclarar que para un metro cuadrado de muro en ladrillo H-10 se tiene un promedio de 14 unidades en posición sogá.

De ésta manera tenemos que ajustar estos valores de porcentaje a una distribución, la cual permita establecer la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos.

3.4.4.3. Análisis de rendimientos

Por medio de la información recolectada de los valores de rendimiento para una cuadrilla en la construcción de un muro de mampostería, se tiene una serie de valores que deben ser ajustados a una distribución probabilística.

4. RESULTADOS

En la Tabla 6 se describen los parámetros que se tuvieron en cuenta para la revisión de los análisis de precios unitarios recolectados. En ésta revisión se verifica si el formato cumple con las características del APU estándar.

Tabla 6. Resultados de la revisión de los Análisis de precios unitarios.

| Nº APU | Unidad de manejo | Espesor de muro | Tipo de bloque | Junta | Mortero de pega | Acabado de muro | Refuerzo |
|--------|------------------|-----------------|----------------|-------|-----------------|-----------------|----------|
| 1 | Si | No | Si | No | No | No | No |
| 2 | | | | | | | |
| 2.1 | Si | No | Si | No | No | No | No |
| 2.2 | Si | No | Si | No | No | No | No |
| 2.3 | Si | No | Si | No | No | No | No |
| 3 | Si | Si | Si | No | No | No | No |
| 4 | Si-No estandar | Si | Si | No | No | No | No |
| 5 | No | No | No | No | No | No | No |
| 6 | No | No | No | No | No | No | No |
| 7 | No | No | No | No | No | No | No |
| 8 | Si | Si | Si | No | No | No | No |
| 9 | Si | No | No | No | No | No | Si |

Fuente. Elaboración propia

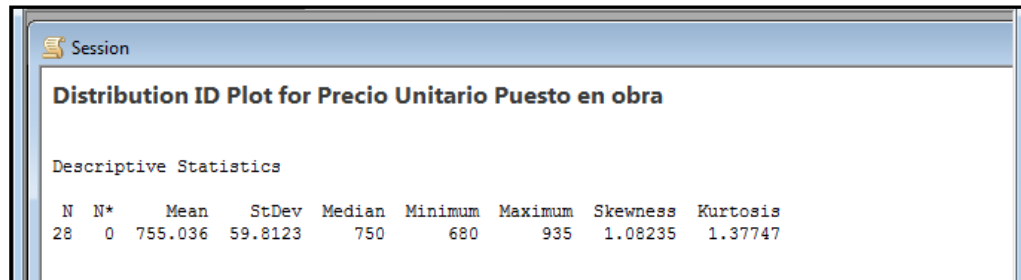
De acuerdo a la revisión anterior se encontró que existe alta variabilidad en el alcance definido en los análisis de precios unitarios que manejan algunas empresas en el sector constructivo, lo que aumenta de forma significativa la incertidumbre en los procesos, alterando la calidad, eficiencia y costo del proyecto.

4.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS PRECIOS DE LADRILLO H-10

Según la naturaleza de los datos recolectados para el valor unitario del ladrillo H-10 puesto en obra, se obtuvo un ajuste a una Distribución normal.

A partir de ésta muestra se calculan los parámetros estadísticos descriptivos mostrados en la Tabla 7.

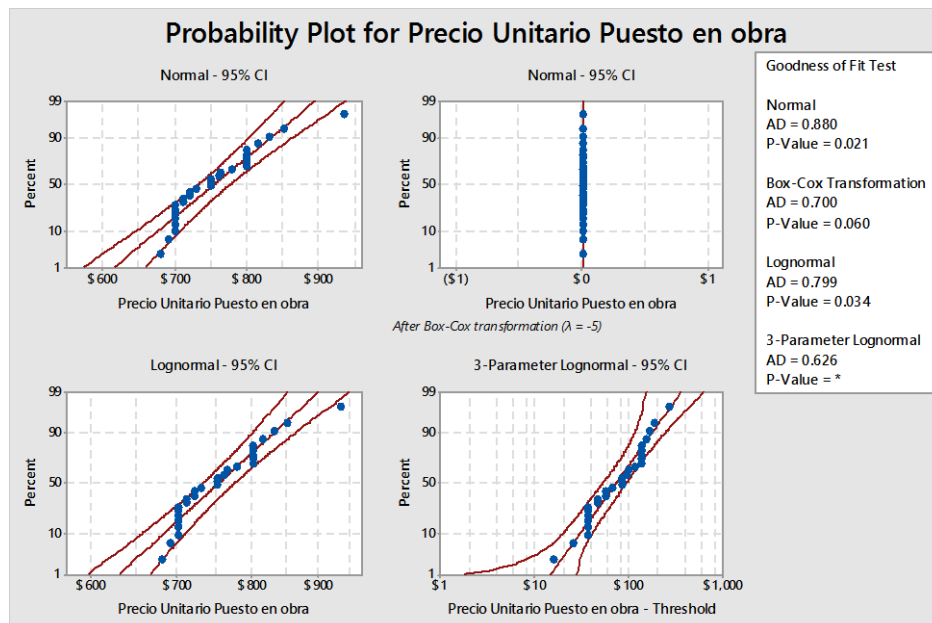
Tabla 7. Estadística descriptiva valor unitario del ladrillo H-10.



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

Realizando una simulación de ajuste de los datos a las diferentes distribuciones de probabilidad estadística mediante el software Minitab, se encuentra un ajuste aproximado a la distribución normal, como se muestra en la Figura 15.

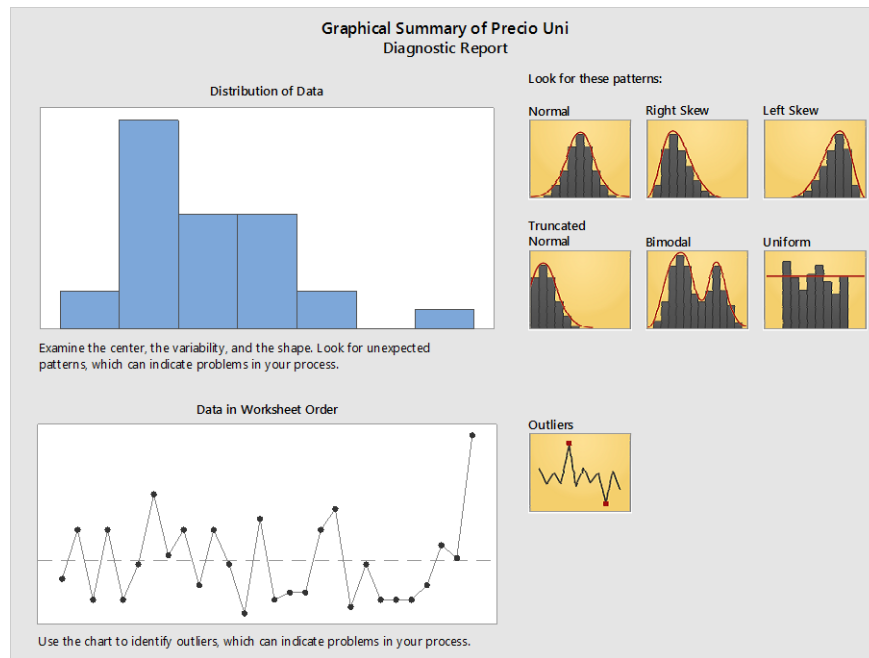
Figura 15. Ajuste de los datos de ladrillo H-10



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

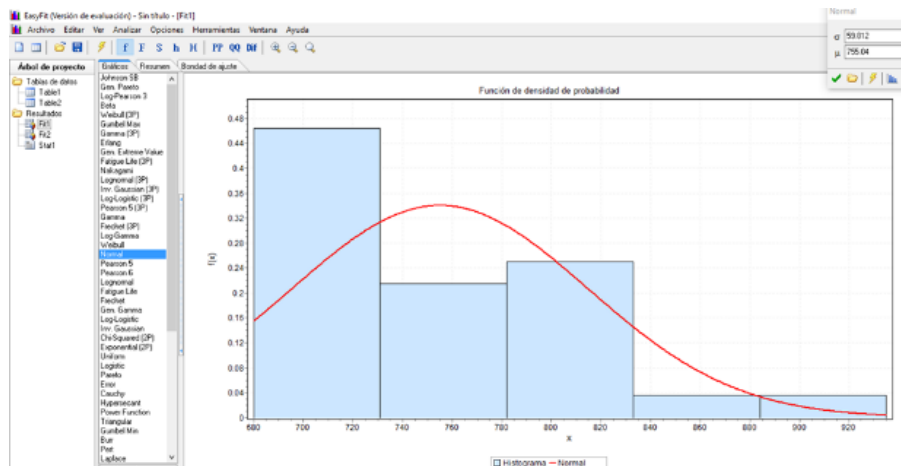
De la anterior simulación se representa el histograma de los datos, como se muestra en la Figura 16 y la función de probabilidad en la Figura 17.

Figura 16 .Histograma de diagnóstico valor unitario de ladrillo H-10, software Minitab



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

Figura 17. Función de densidad de probabilidad valor unitario de ladrillo H-10, software Easyfit.

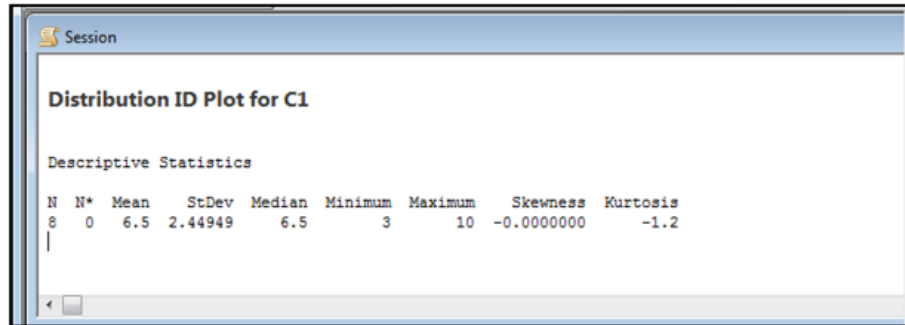


Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

4.2. DISTRIBUCIÓN DEL PORCENTAJE DE DESPERDICIO

Se manejó un grado de desperdicio entre el 3% -10%, tomados de la experiencia, el cual se representa mediante una distribución uniforme. Los parámetros estadísticos descriptivos calculados fueron los enunciados en la Tabla 8.

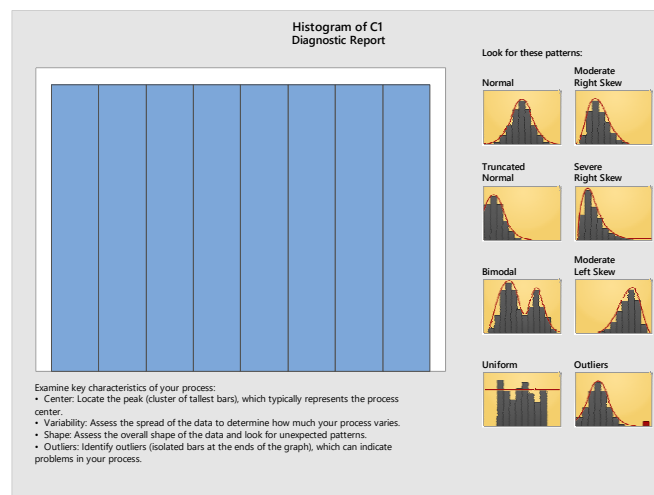
Tabla 8. Estadística descriptiva valores de porcentaje de desperdicio.



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

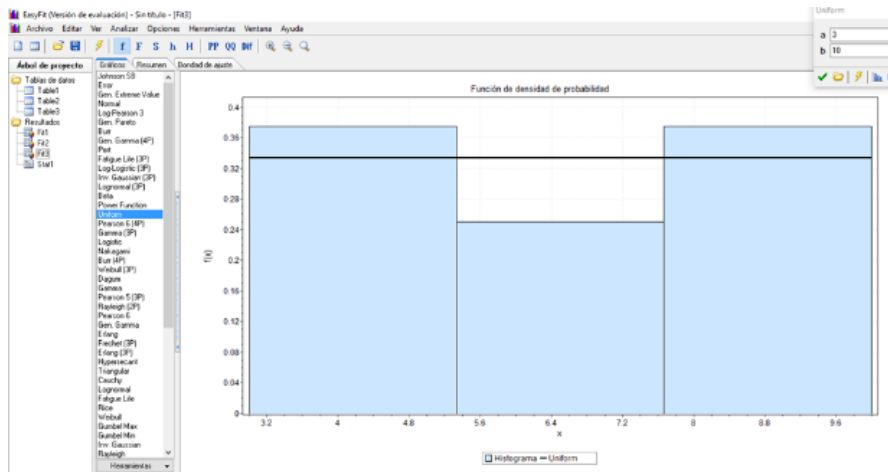
En las Figuras 18 y 19 se representa el histograma y la función de densidad de probabilidad para la distribución uniforme de los valores de desperdicios.

Figura 18. Histograma de diagnóstico porcentaje valores de desperdicio, software Minitab.



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

Figura 19. Función de densidad de probabilidad valores de porcentaje de desperdicio, software Easyfit



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

4.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA

Debido a la poca información encontrada respecto a los rendimientos de mampostería simple para la pega de ladrillo en aparejo en sogá, fue necesario ajustar los datos a una distribución triangular, ya que esta permite describir una población de la cual hay muy pocos datos. A través de ella logramos encontrar el valor mínimo y éste a su vez crece de manera lineal hasta alcanzar el pico o la moda muestral, disminuye también de manera lineal hasta encontrar un valor máximo.

En la Tabla 9 se muestran los valores de estadística descriptiva calculados para esta distribución.

Tabla 9. Estadística descriptiva valores de rendimientos de mano de obra.

Distribution ID Plot for Rendimiento Cudrilla

Descriptive Statistics

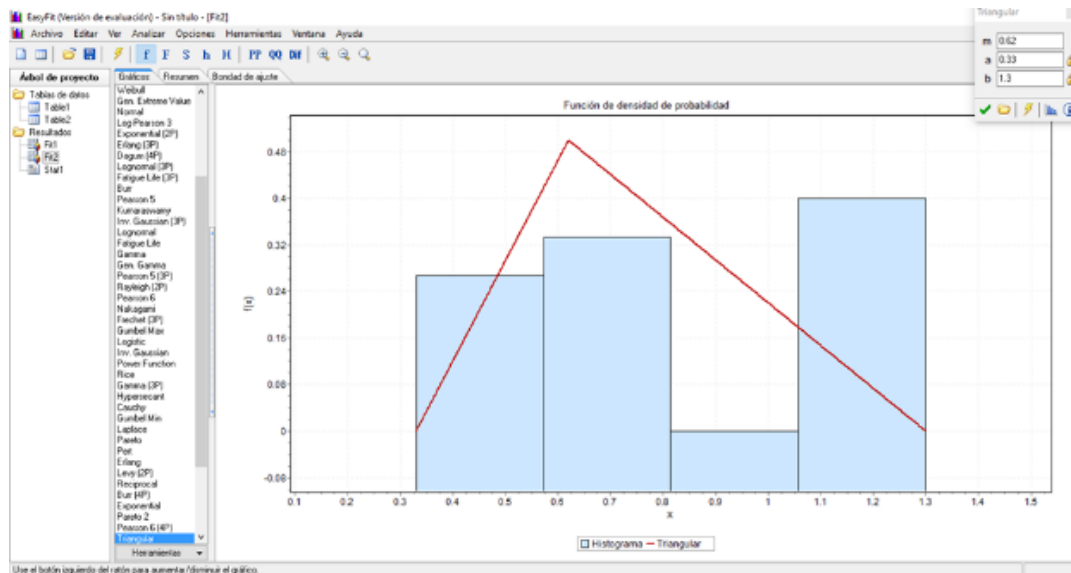
| N | N* | Mean | StDev | Median | Minimum | Maximum | Skewness | Kurtosis |
|----|----|----------|----------|--------|---------|---------|----------|----------|
| 15 | 0 | 0.787875 | 0.372214 | 0.62 | 0.33 | 1.3 | 0.212027 | -1.73739 |

Box-Cox transformation: $\lambda = 0.5$

Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

La Figura 20 muestra la función de densidad para los datos de rendimiento de mano de obra.

Figura 20. Función de densidad de probabilidad valores de rendimientos de mano de obra software Easyfit



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

4.4. RESULTADOS GENERALES

A partir de las funciones establecidas para la elaboración de un APU, se hace el montaje de un formato estándar que permite tener un orden en la consignación de

los datos y de esta manera evitar no solamente errores en la ejecución de la actividad sino también a la hora de elaborar los presupuestos.

Figura 21. Análisis de precios unitarios estándar

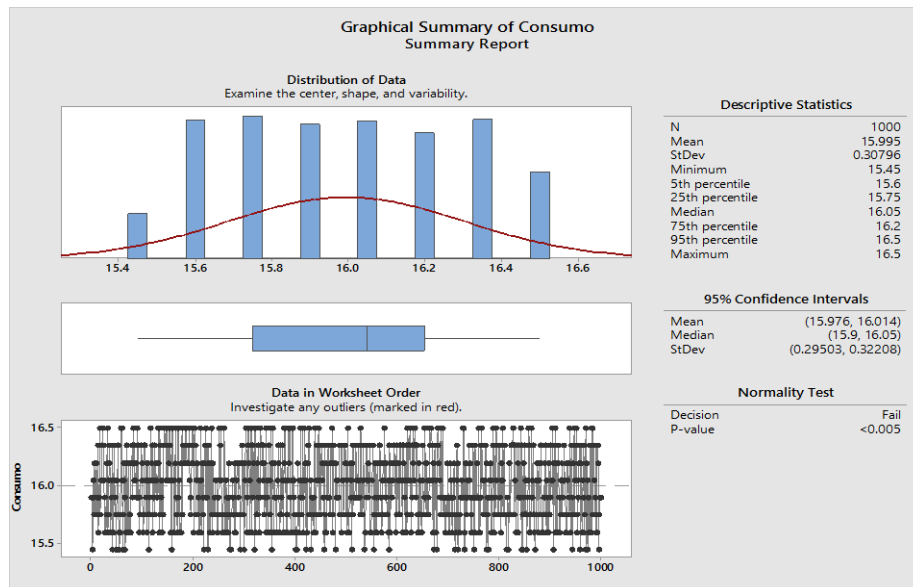
| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | | | % / CD |
|-------------------------------|---|----------------|-------------|-----------------|---------------|----------------|--------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN (PROCESO o TAREA) | | | | | UNIDAD | |
| | MURO DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADO LADRILLO H-10 ESPESOR 10 cm CON MORTERO DE PEGA DE 2000 PSI, ACABADO A LA VISTA, JUNTA 1.5 cm DE ESPESOR | | | | | m ² | |
| I MATERIALES | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | ALCANCE | UNIDAD | CONSUMO | VALOR UNITARIO | VALOR PARCIAL | | |
| LADRILLO H-10 | Desperdicio 0.08 | un | 16.2 | \$ 769 | \$ 12,458 | | |
| MORTERO 1:3 2000PSI | | m ³ | 0.019 | \$ 237,153 | \$ 4,429 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| Subtotal: | | | | | \$ 16,887 | % / CD | |
| | | | | | | 0.4001565 | |
| II EQUIPOS | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | | | | TARIFA | VALOR PARCIAL | | |
| HERRAMIENTA MENOR | | % | 0.100 | \$ 2,506 | \$ 251 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| Subtotal: | | | | | \$ 251 | % / CD | |
| | | | | | | 0.015939045 | |
| III MANO DE OBRA | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | | | RENDIMIENTO | VALOR UNITARIO | VALOR PARCIAL | | |
| CUADRILLA 1x1 | Se encargara de las labores de pega de muro | hc | 0.987 | \$ 25,401 | \$ 25,063 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| Subtotal: | | | | | \$ 25,063 | % / CD | |
| | | | | | | 0.593904458 | |
| IV OTROS | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | | | | PRECIO UNITARIO | VALOR PARCIAL | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| | | | | | \$ 0 | | |
| Subtotal: | | | | | \$ 0 | % / CD | |
| | | | | | | 0 | |
| COSTO DIRECTO: | | | | | \$ 42,200 | | |
| AU%: | | | | | \$ 0 | | |
| COSTO UNITARIO: | | | | | \$ 42,200 | | |

Fuente. Elaboración propia

4.4.1. Análisis de consumo Se hace un análisis del porcentaje de desperdicios con relación al consumo base de material en este caso de ladrillo h-10.

Las gráficas mostradas en las Figuras 22 y 23 describen un comportamiento ajustado a una distribución uniforme que muestra la variabilidad que se genera al simular los porcentajes de desperdicios cuando son cambiados aleatoriamente. Existe un aumento en el valor total del consumo que es el resultado de sumar el valor del consumo base y porcentaje variable de desperdicio.

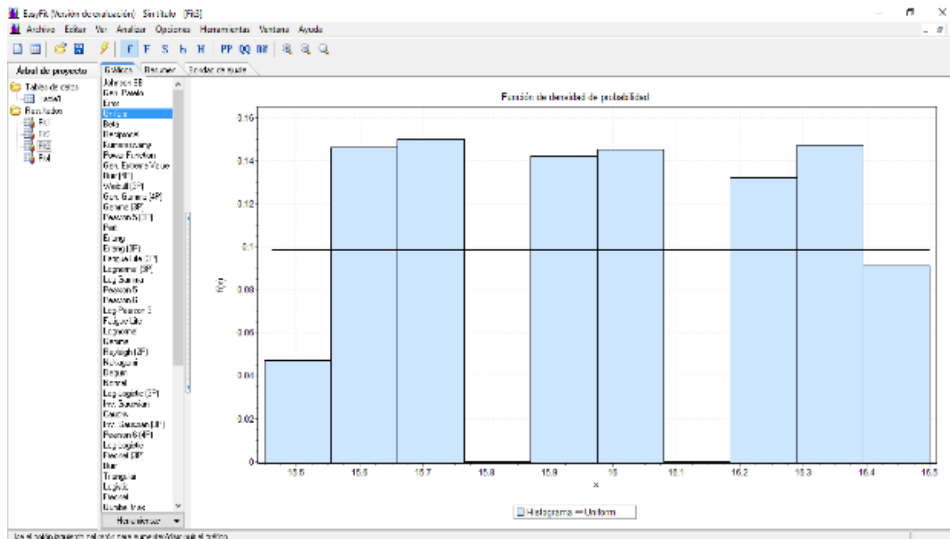
Figura 22. Histograma de consumo total de ladrillo H-10, software Minitab



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

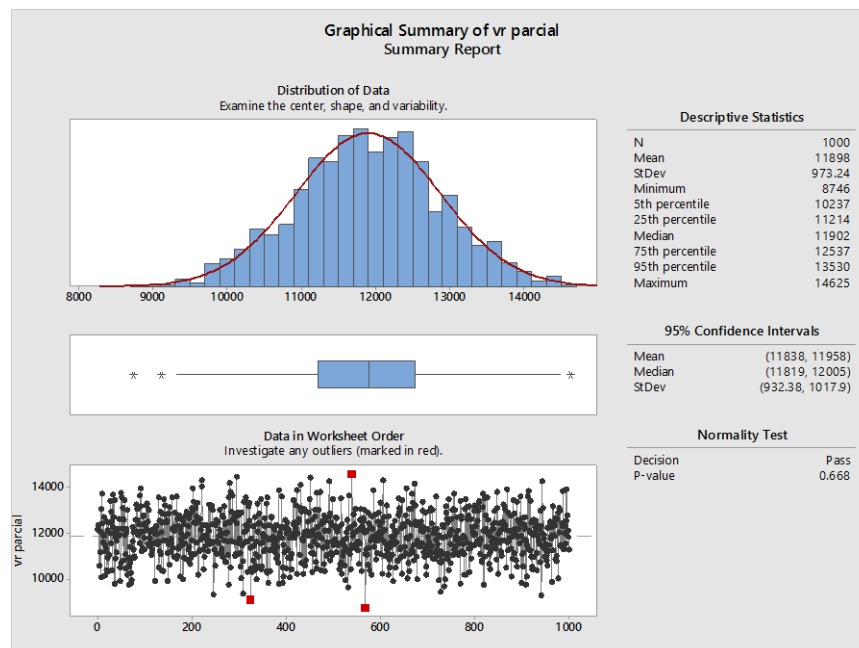
4.4.2. Análisis de precio del ladrillo h-10 Los esquemas representan la variabilidad que generan los diferentes precios unitarios del ladrillo h-10 por el consumo simulado anteriormente, con los valores de desperdicio. En las Figuras 24 y 25 se muestra el valor parcial del ladrillo.

Figura 23. Función de densidad de probabilidad de consumo total de ladrillo H-10, software Easyfit



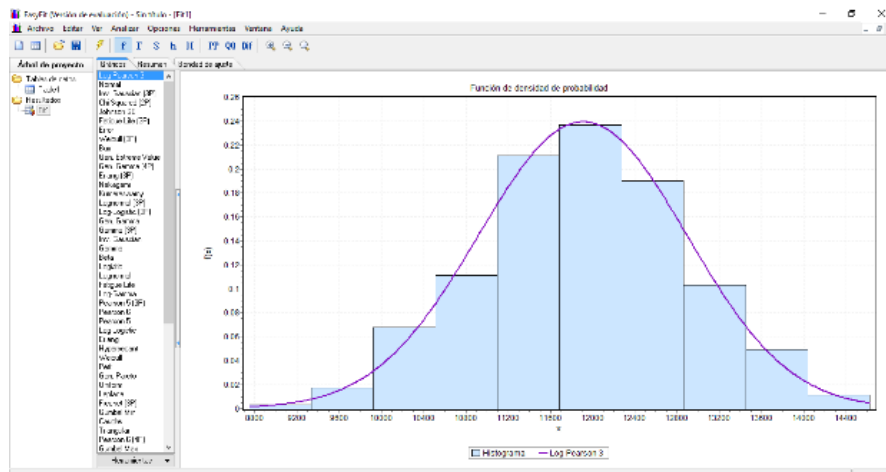
Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

Figura 24. Histograma del valor parcial del ladrillo H-10 software Minitab



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

Figura 25. Función de densidad de probabilidad del valor parcial del ladrillo H-10 software Easyfit

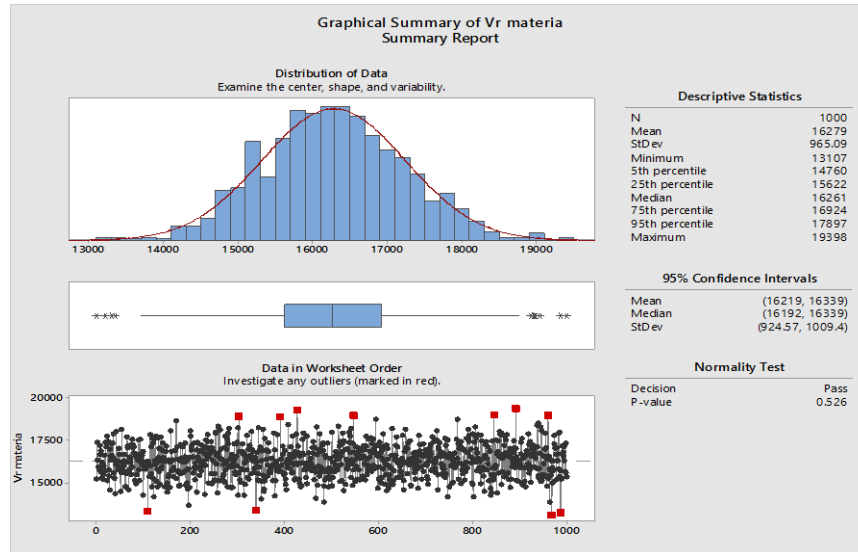


Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

En las siguientes gráficas se representa el valor total de los materiales incluyendo el valor de mortero que para ésta investigación no fue analizado y se comporta como un valor constante.

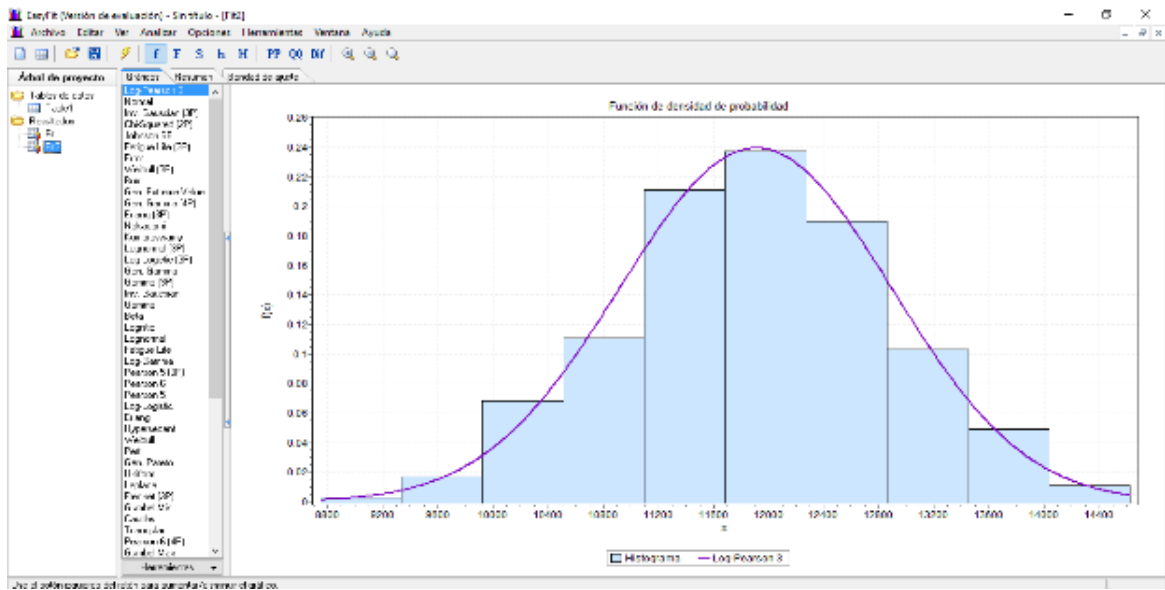
Los resultados se ajustan a una distribución normal como se visualiza en las Figuras 26 y 27.

Figura 26. Histograma del valor parcial de materiales, software Minitab



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

Figura 27 . Función de densidad de probabilidad del valor parcial de materiales, software Easyfit

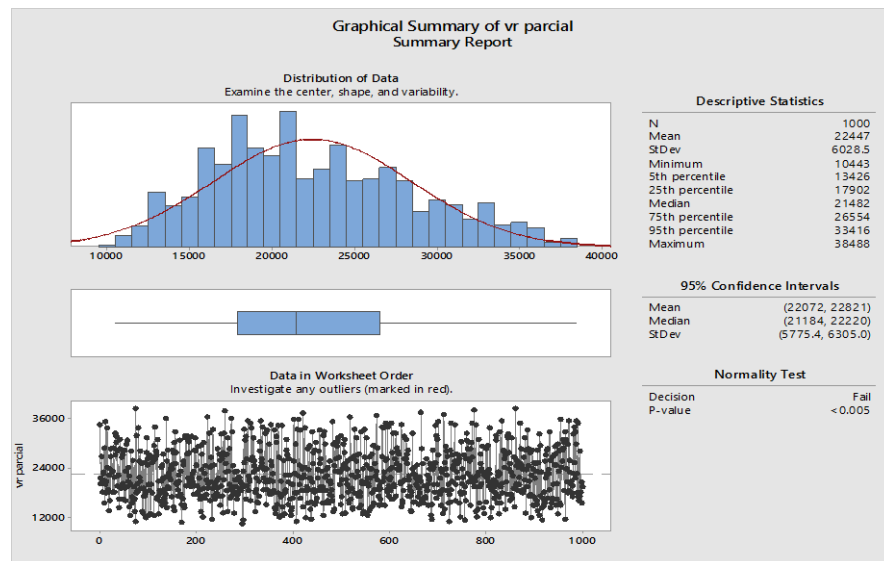


Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

4.4.3. Análisis de rendimiento mano de obra

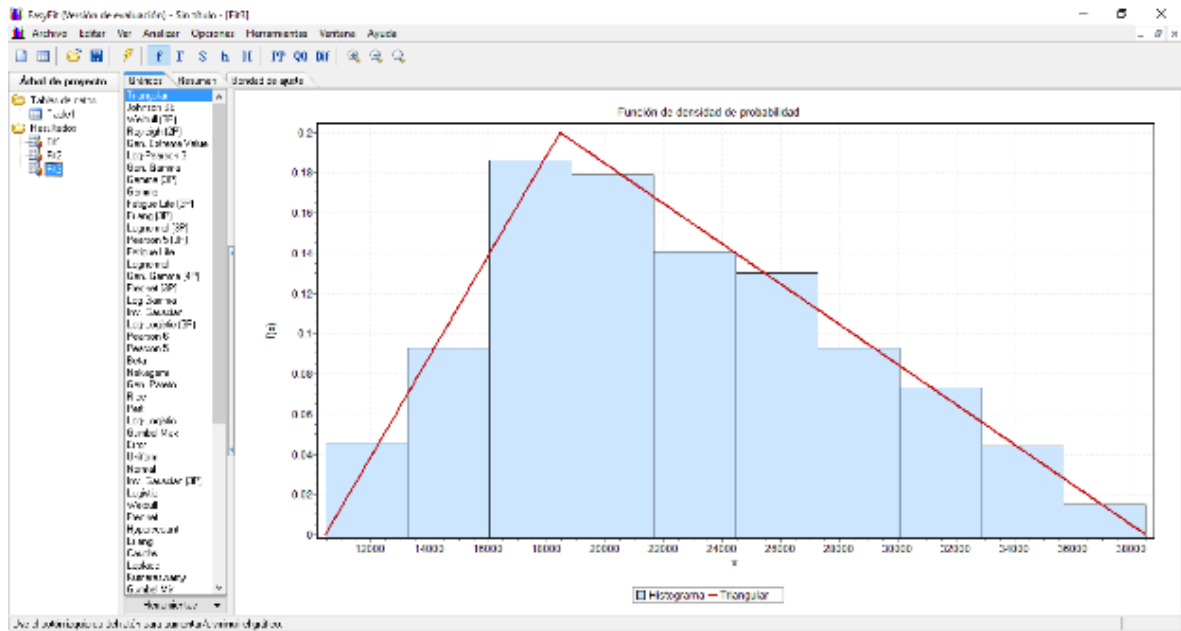
El valor de mano de obra parcial es representado por el producto entre el rendimiento y el costo por hora cuadrilla, el cual se rige por el valor base del salario mínimo legal mensual vigente más prestaciones sociales para el 2017 en Colombia, éste valor permanece constante. Este costo varía en función de los cambios que presentan los rendimientos representados como una distribución triangular como se muestra en las Figuras 28 y 29.

Figura 28. Histograma del valor parcial de rendimiento mano de obra, software Minitab



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

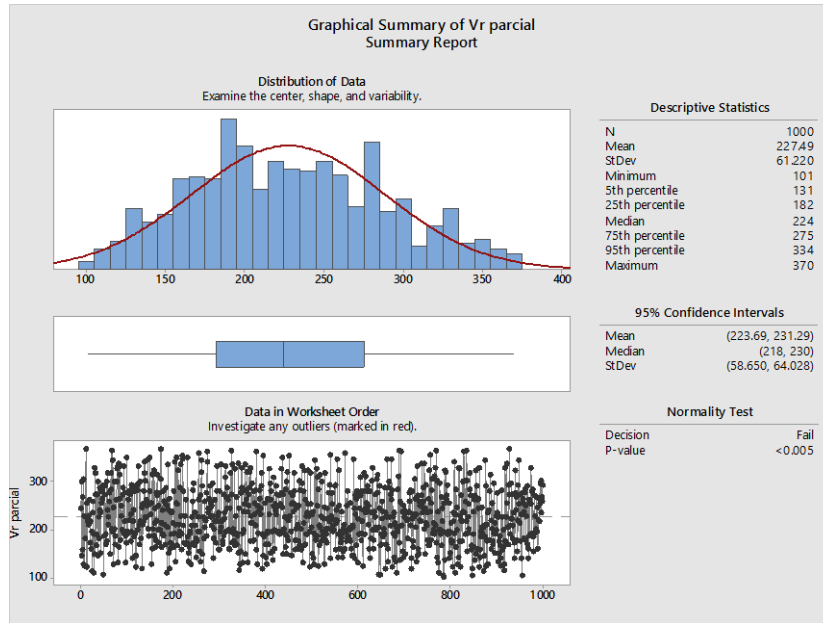
Figura 29. Función de densidad de probabilidad del valor parcial de rendimiento mano de obra, software Easyfit



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

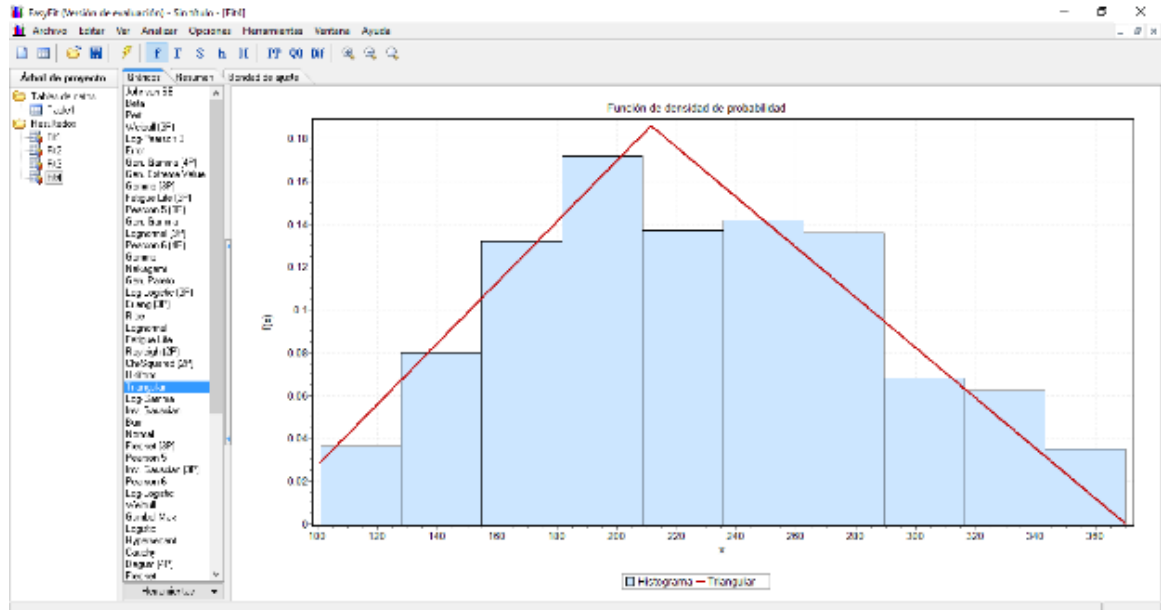
4.4.4. Análisis de materiales y equipos El valor parcial en consumo de herramientas es un costo que depende del valor parcial de mano de obra, de esta manera también se genera una variación y su comportamiento se ajusta a una distribución triangular. Como se muestra en las Figuras 30 y 31.

Figura 30. Histograma del valor parcial de herramienta y equipo, software Minitab



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

Figura 31. Función de densidad de probabilidad del valor parcial de herramienta y equipo, software Easyfit



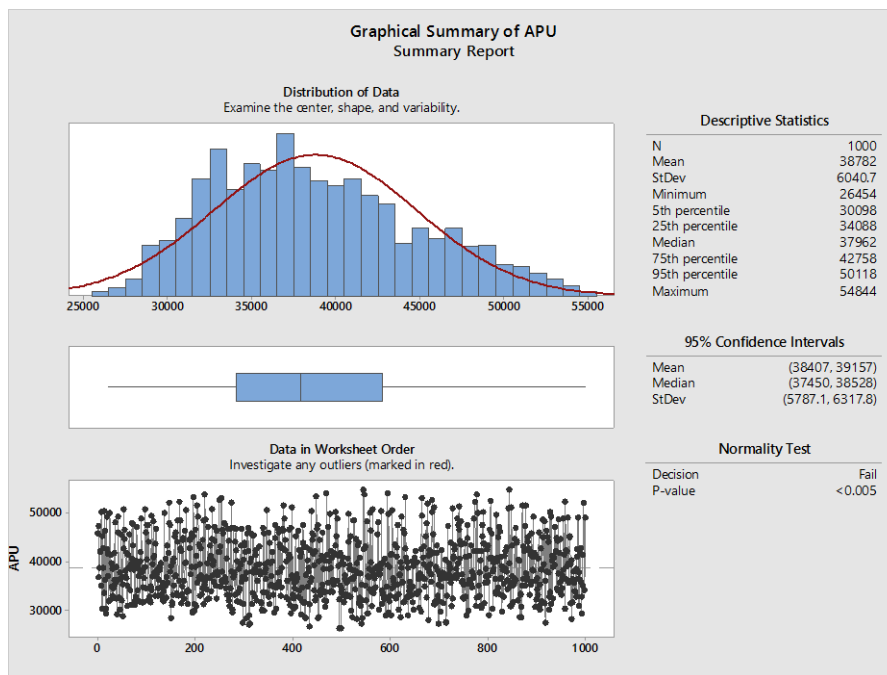
Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

4.5. ANÁLISIS COSTO DIRECTO TOTAL

El costo directo total del APU es representado por el ajuste a una distribución triangular, como se muestra en las Figuras 32 y 33, que permite identificar el valor mínimo o pesimista, el valor máximo u optimista y el valor pico o el más esperado. Éste costo total es el resultado de una gran simulación en la que fueron identificadas las posibles variables que me generan alteración en su valor.

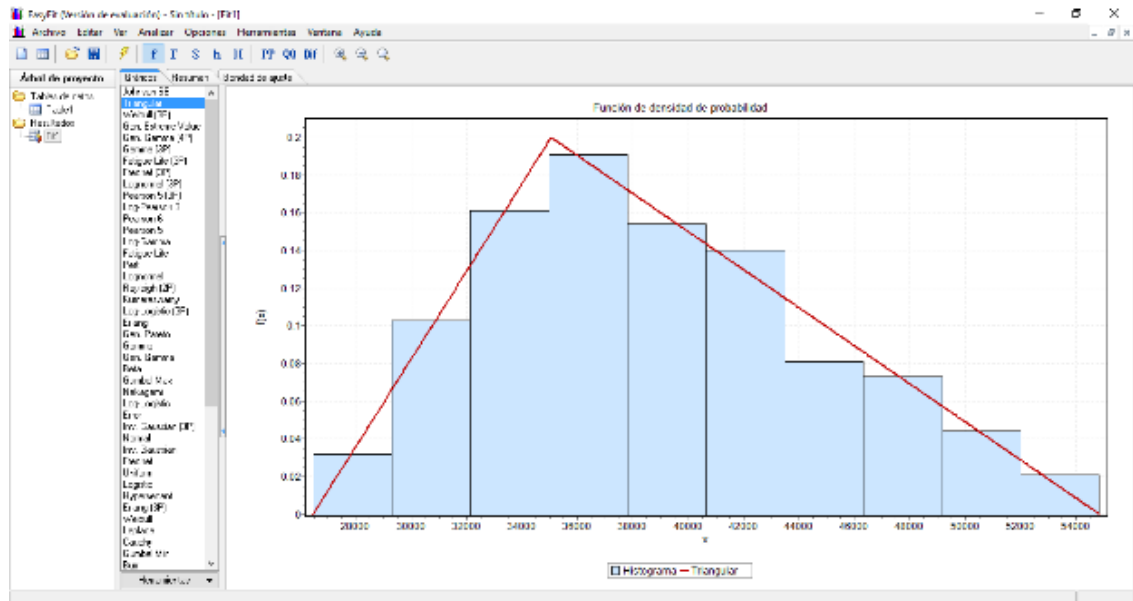
El desperdicio de material (ladrillo), el valor unitario de ladrillo, el rendimiento de mano de obra, el valor de la herramienta son las variables directas que interfirieron en los cambios parciales durante la elaboración del APU.

Figura 32. Histograma del costo directo total, software Minitab



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Minitab

Figura 33. Función de densidad de probabilidad del costo directo total, software Easyfit



Fuente. Elaboración propia basada en la información obtenida del software Easyfit

CONCLUSIONES

- ✓ Durante los procesos de construcción se ha implementado el método determinístico que es un modelo matemático para el cálculo de algunos presupuestos, en él la entrada de datos es igual a la salida bajo unas mismas condiciones, sin embargo, con ésta investigación se puede concluir que los análisis de precios unitarios van ligados a la probabilidad de ocurrencia teniendo en cuenta las variaciones de los factores externos e internos.
- ✓ De acuerdo a la información revisada sobre los formatos de análisis de precios unitarios, se encontró que no existe un formato estándar, debido a esto la incertidumbre y la variabilidad presentan aumento en los procesos, causando de manera directa sobre costos en el valor total de la actividad.
- ✓ Una de las falencias a la hora de elaborar un análisis de precios unitarios es la falta de información teórica y experimental sobre los rendimientos de mano de obra en los procesos constructivos, en el caso de la mampostería simple se encuentran muy generales y no existe claridad en la forma de medirlos por ello también se genera mucha incertidumbre.

RECOMENDACIONES


- ✓ Esta metodología debería ser implementada en la elaboración de los análisis de precios unitarios de los proyectos, así se evitan los posibles errores tanto de planeación como ejecución de actividades.
- ✓ El análisis de variabilidad e incertidumbre estudiado con base en los procesos de mampostería simple permitió crear una plantilla que tiene como función simular las posibles variaciones de los costos directos a partir de unos parámetros estándar. Dicha plantilla puede ser útil en la formación académica de la escuela de ingeniería civil.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRETO, G Ruby Alexandra. MAMPOSTERIA. 2015
- BENNET, John y ORMEROD Richard. Simulation applied to construction Projects: Construction Management and Economics. Reading: Routledge, 1984.40
- CHAPMAN, Chris y WARD Stephen [online]. Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights. 2 ed. Southampton: John Wiley & Sons Ltd, 2003.79 p. [Citado 04, diciembre de 2016]. Disponible en: <https://goo.gl/htGkUB>.
- EXPERTO GESTIOPOLIS.COM. [Online]. ¿Qué son distribución de probabilidad, variable aleatoria y valor esperado? [Citado 20 , enero 2017] Disponible en: <https://goo.gl/MT9IFa>.
- FLORÍA CORTÉS, Alejandro. [Online]. Manual de Técnicas para el Diseño Participativo de Interfaces de Usuario de Sistemas basados en Software y Hardware. Zaragoza. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Centro Politécnico Superior | Universidad de Zaragoza,2000.[Citado 14, Noviembre,2016].Disponible en : <https://goo.gl/WgzyKi>
- HSPENCER. [Online]. Análisis de tareas: Descomposición de tareas [Citado 10, enero de 2017] Disponible en: <https://goo.gl/OoXFQr>
- ARANGO, Jesús Humberto. [Online]. Definición, tipos y usos de la mampostería estructural [Citado 19, diciembre, 2016] Disponible en : <https://goo.gl/2C1GwN>
- ISO 21500.Grupo de materias: Gestión de los recursos. [Online]. [Citado 27, noviembre, 2016]. Disponible en : <https://goo.gl/PUesoa>
- MARTINEZ ZAMBRANO, José Bladimir. Ingeniería civil construcción presupuestos [blog].8 de Marzo, 2016.
- MARTINEZ, Wilmar. Mampostería estructural, pisos y pañetes. [Diapositivas prezi].2014, Mampostería.

- MEJÍA AGUILAR, Guillermo. Apuntes clase de construcción: Costos de procesos constructivos. Bucaramanaga: 2008. 25.
- MEJÍA AGUILAR, Guillermo. Apuntes clase de construcción: Costos de procesos constructivos. Bucaramanaga: 2008. 25.
- PÉREZ PORTO, Julián y MERINO María. [Online], 2011, Definición de mano de obra. [Citado 13, noviembre de 2016] Disponible en : <https://goo.gl/mR7nJP>
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. II. Guía Del PMBOK. HD69.P75G845 2013 658.4'04--dc23, 2012046112
- ARQHYS, Revista. Tipos de mampostería, Diciembre 2012. [Citado 04, diciembre de 2016]. Disponible en: <https://goo.gl/YaJSav>
- RODRÍGUEZ LÓPEZ, Fernando. [Online]. Estructura de desglose del riesgo (EDR): Introducción del modelo para el fenómeno geotécnico, 2007. [Citado 14, enero, 2017] Disponible en: <https://goo.gl/Eghftd>.
- UNAD. [Online], Mampostería confinada: Lección 17., CAPITULO 4 http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/leccin__17_mampostera_confinada.html
- UNAD, [Online]. Modulo administración del recurso humano en obra: unidad i. generalidades de la organización empresarial en el sector de la construcción, Capítulo 2. PLANEACIÓN DE OBRA, Lección 9. Rendimientos de mano de obra en la construcción.
- SILVELA, Manuel. [Online], Estructura de descomposición del trabajo EDT: RIB Spain, 2016. [Citado 14, enero, 2017] Disponible en : <https://goo.gl/sRFgrF>

Anexo B Ejemplo de cotizaciones de valor unitario en obra de ladrillo H-10 de dimensiones 30x20x10 cm.

|  | | LADRILLERA RUGO UN PRODUCTO DE INVERSIONES RUGO LTDA. | | | |
|--|---------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Bucaramanga, Noviembre 8 de 2016 | | | | | |
| Señores: Civilyudy1113@hotmail.com Ciudad | | | | | |
| Ladrillo de arcilla cocido procesado al vacío, con las siguientes especificaciones técnicas: | | | | | |
| REFERENCIA | DIMENSIONES | PESO | VALOR UNITARIO Puesto en obra | Unidades Por metro cuadrado | VALOR m2 Puesto en obra |
| Ladrillo H-7 3 Celdas | <u>33cm</u> x 20cm x 7cm | 5.0 Kg. | \$ 680,00 | 13 Unidades | \$ 8.840,00 |
| Ladrillo H-10 6 Celdas | <u>33cm</u> x 20cm x 10cm | 6.5 Kg. | \$ 700,00 | 13 Unidades | \$ 9.100,00 |
| Ladrillo H-15 6 Celdas | <u>33cm</u> x 20cm x 15cm | 8.5 Kg. | \$ 1.220,00 | 13 Unidades | \$ 15.860,00 |
| Calle 51 No 31-19 Tel: PBX: 6674661 E-mail: ventarugo@gmail.com Teléfono planta: 6500674 Bucaramanga | | | | | |

Anexo C Ejemplo de estudio de rendimientos mano de obra en muro de mampostería aparejo tipo sogá, espesor 10 cm.

| Proceso/ Actividad | Mediciones | Área m ² | Rendimiento h/m ² |
|-----------------------|------------|---------------------|---------------------------------|
| Bloque H-10 | 16 | 148.24 | 0.33 |
| Muro | 8 | 78.73 | 0.29 |
| Muro Divisorio | 4 | 45.73 | 0.36 |
| Murete | 4 | 23.78 | 0.38 |
| Ladrillo M29 | 27 | 312.86 | 0.55 |
| Enchape Columna | 12 | 125.57 | 0.43 |
| Muro a la Vista | 15 | 187.29 | 0.64 |
| Total | 43 | 461.10 | 0.47 |

Anexo D Plantilla de simulación y distribuciones.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| ITEM | DESCRIPCIÓN (PROCESO o TAREA) | UNIDAD |
|------|--|----------------|
| | MURO DE MAMPOSTERIA NO REFORZADO LADRILLO H-10 ESPESOR 10 cm CON MORTERO DE PEGA DE 2000 PSI, ACABADO A LA VISTA, JUNTA 1.5 cm DE ESPESOR. | m ² |

I MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | ALCANCE | UNIDAD | CONSUMO | VALOR UNITARIO | VALOR PARCIAL |
|---------------------|------------------|----------------|---------|----------------|---------------|
| LADRILLO H-10 | Desperdicio 0.10 | un | 16.4 | \$ 762 | \$ 12,497 |
| MORTERO 1:3 2000PSI | | m ³ | 0.019 | \$ 237,153 | \$ 4,429 |
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| Subtotal: | | | | | \$ 16,926 |

II EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | | | | TARIFA | VALOR PARCIAL |
|-------------------|--|---|-------|--------|---------------|
| HERRAMIENTA MENOR | | % | 0.100 | \$ 293 | \$ 29 |
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| Subtotal: | | | | | \$ 29 |

III MANO DE OBRA

| DESCRIPCIÓN | | | RENDIMIENTO | VALOR UNITARIO | VALOR PARCIAL |
|------------------|---|----|-------------|----------------|---------------|
| CUADRILLA 1xl | Se encargara de las labores de pega de muro | hc | 0.098 | \$ 29,836 | \$ 2,930 |
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| Subtotal: | | | | | \$ 2,930 |

IV OTROS

| DESCRIPCIÓN | | | | PRECIO UNITARIO | VALOR PARCIAL |
|------------------|--|--|--|-----------------|---------------|
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| | | | | | \$ 0 |
| Subtotal: | | | | | \$ 0 |

COSTO DIRECTO: **\$ 19,885**

AIU% **\$ 0**

COSTO UNITARIO: **\$ 19,885**

Anexo E Plantilla de costo de mano de obra 2017.

| CUADRILLA TIPO | AYUDANTE | | | | | | |
|----------------|--------------|-------|------------|------|------|------|------------------|
| | Nº AYUDANTES | SMMLV | VALOR MES | FAS | FP | FTE | V/r REAL MENSUAL |
| Cdlla 0x1 | 1 | 1 | \$ 737,717 | 2.25 | 1.79 | 1.26 | \$ 3,738,178 |
| Cdlla1x0 | 0 | 0 | \$ 0 | 2.25 | 1.79 | 1.26 | \$ 0 |
| Cdlla 1x1 | 1 | 1 | \$ 737,717 | 2.25 | 1.79 | 1.26 | \$ 3,738,178 |
| | | | | | | | |

| CUADRILLA TIPO | OFICIAL | | | | | | |
|----------------|------------|-------|------------|------|------|------|------------------|
| | Nº OFICIAL | SMMLV | VALOR MES | FAS | FP | FTE | V/r REAL MENSUAL |
| Cdlla 0x1 | 0 | 0 | \$ 0 | 2.15 | 1.71 | 1.26 | \$ 0 |
| Cdlla1x0 | 1 | 1.75 | \$ 737,717 | 2.15 | 1.71 | 1.26 | \$ 3,422,410 |
| Cdlla 1x1 | 1 | 1.75 | \$ 737,717 | 2.15 | 1.71 | 1.26 | \$ 3,422,410 |
| | | | | | | | |

| CUADRILLA TIPO | CUADRILLA | | |
|----------------|--------------|------------|-----------|
| | V/r MES | V/r DÍA | V/r HORA |
| Cdlla 0x1 | \$ 3,738,178 | \$ 124,606 | \$ 15,576 |
| Cdlla1x0 | \$ 3,422,410 | \$ 114,080 | \$ 14,260 |
| Cdlla 1x1 | \$ 7,160,588 | \$ 238,686 | \$ 29,836 |

NOTA: Los archivos mencionados se encuentran en la carpeta "ANEXOS", incluidos en el CD.