

**HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO DEL COSTO DE LA MANO DE OBRA
DIRECTA PARA LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES EN UNA
EMPRESA METALMECÁNICA DEL VALLE**

MAURICIO ANGULO IBARRA

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2014**

**HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO DEL COSTO DE LA MANO DE OBRA
DIRECTA PARA LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES EN UNA
EMPRESA METALMECÁNICA DEL VALLE**

MAURICIO ANGULO IBARRA

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en ingeniería industrial

Director

Meir Tanura Saportas

Magister Ingeniería Industrial

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2014**

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION.....	8
2. PRESENTACION DE LA EMPRESA.....	9
3. DEFINICION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	12
3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
3.2. ALCANCE.....	14
4. JUSTIFICACION.....	15
5. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	19
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
5.3. RESULTADOS ESPERADOS	20
6. MARCO DE REFERENCIA	21
6.1. MARCO TEÓRICO	21
6.2. ANTECEDENTES.....	22
7. MATRIZ DE MARCO LOGICO	25
8. RECURSOS A EMPLEAR	26
8.1. HUMANOS	26
8.2. DIRECTOR.....	26
8.3. PRESUPUESTO.....	26
9. CRONOGRAMA DE TRABAJO.....	28
10. SITUACION ACTUAL	29
10.1. PERSONAL DE LA PLANTA.....	31
11. METODOLOGIA.....	35
12. DESARROLLO DEL PROYECTO	37
12.1. VARIABLES QUE AGREGAN COSTO AL PRODUCTO	37
12.2. FUENTES PRIMARIAS.....	38
12.3. PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DATOS .	40
12.3.1. Población	40
12.3.2. Muestra.....	40
12.3.3. Unidad muestral.....	41

	Pág.
12.4. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE INTERES.....	41
12.4.1. Horas reales ejecutadas unitarias.....	43
12.4.2. Peso unitario en kilogramos.....	44
12.4.3. Supuesto de linealidad.....	47
12.4.4. Supuesto de normalidad para los residuos estándares.	47
12.4.5. Supuesto de normalidad para los nuevos residuos estándares.....	52
13. RESULTADOS.....	56
14. PASOS PARA UTILIZAR LA HERRAMIENTA.....	61
15. CARTA DE ACEPTACION.....	64
16. GLOSARIO	65
17. CONCLUSIONES	67
18. BIBLIOGRAFIA	69
19. ANEXOS.....	71
19.1. PREGUNTAS DE CUESTIONARIO.....	71
19.2. IMAGEN DE LA HERRAMIENTA.....	73
19.3. SECUENCIA DE TRABAJO	74

TABLA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Remolques cañeros.....	9
Ilustración 2: Cama bajas	9
Ilustración 3: Cama altas	9
Ilustración 4: Góndolas	9
Ilustración 5: Carro tanques	10
Ilustración 6: Canastas	10
Ilustración 7: Carro talleres	10
Ilustración 8: Semi remolques.....	10
Ilustración 9: Vagones auto volteo	10
Ilustración 10: Tanques sobre chasis.....	10
Ilustración 11: Tachos.....	11
Ilustración 12: Evaporadores	11
Ilustración 13: Condensadores	11
Ilustración 14: Calandrias	11
Ilustración 15: Tanques estacionarios.....	11
Ilustración 16: Conductores	11
Ilustración 17: Variación porcentaje de materiales.....	16
Ilustración 18: Variación porcentaje mano de obra directa	16
Ilustración 19: Var costos estimados y costos reales de mat y mano de obra	18
Ilustración 20: Matriz de marco lógico.....	25
Ilustración 21: Cronograma de trabajo.....	28
Ilustración 22: Diagrama de flujo del proceso de cotización.	30
Ilustración 23: Organigrama de manufactura.....	32
Ilustración 24: Procesos productivos.	33
Ilustración 25: Distribución física de planta.....	34
Ilustración 26: Orden de producción.	37
Ilustración 27: Diagrama dispersión horas reales ejecut unit vs Peso unit (kg).	42
Ilustración 28: Horas reales ejecutadas unitarias.....	43
Ilustración 29: Prueba de normalidad horas reales ejecutadas unitarias.	43
Ilustración 30: Peso unitario en kilogramos.	44
Ilustración 31: Prueba de normalidad peso unitario en kilogramos.....	45
Ilustración 32: Regresión lineal.....	46
Ilustración 33: Resumen residuos estándares modelo de regresión.....	48
Ilustración 34: Modelo con logaritmo base 10 en "Y"	49
Ilustración 35: Modelo con logaritmo base 10 en "X"	49
Ilustración 36: Modelo con logaritmo base 10 en "X" y en "Y".	50
Ilustración 37: Modelo con función cúbica.	50
Ilustración 38: Modelo con función cuadrática.	51
Ilustración 39: Residuos nuevo modelo de regresión cúbico.	53
Ilustración 40: Diagrama horas reales ejecut unit vs Peso unit de 0 a 20.000 kg.	54
Ilustración 41: Diagrama horas reales ejecut unit vs Peso unit de 20.001 a 90.000 kg.	55

	Pág.
Ilustración 42: Campo N°1 de la herramienta	61
Ilustración 43: Campo N°2 de la herramienta	61
Ilustración 44: Campo N°3 de la herramienta	61
Ilustración 45: Campo N°4 de la herramienta	62
Ilustración 46: Campo N°5 de la herramienta	62
Ilustración 47: Campo N°6 de la herramienta	62
Ilustración 48: Campo N°7 de la herramienta	63
Ilustración 49: Campo N°8 de la herramienta	63
Ilustración 50: Carta de aceptación.....	64
Ilustración 51: Herramienta.....	73
Ilustración 52: Rolado de piezas.....	74
Ilustración 53: Piezas roladas para conformar.....	74
Ilustración 54: Piezas del cuerpo.....	74
Ilustración 55: Armado del equipo.....	74
Ilustración 56: Placa calandria para trazar.....	74
Ilustración 57: Perforado de placa.....	74
Ilustración 58: Placa perforada.....	75
Ilustración 59: Armado de calandria.....	75
Ilustración 60: Cuerpo armado.....	75
Ilustración 61: Fondo armado.....	75
Ilustración 62: Transporte de sub ensambles 1.....	75
Ilustración 63: Transporte de sub ensambles 2.....	75
Ilustración 64: Montaje del equipo.....	76
Ilustración 65: Equipo montado antes de operación.....	76

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Presupuesto.....	27
Tabla 2: Variables a analizar y variables de interés.....	41
Tabla 3: Residuos estándares modelo de regresión.....	47
Tabla 4: Coeficientes de cada modelo.....	51
Tabla 5: Residuos estándares modelo cúbico.....	52
Tabla 6: Porcentajes de participación por procesos.....	58
Tabla 7: Comparativo MOD.....	60

1. INTRODUCCION

Las organizaciones con ánimo de lucro buscan el crecimiento, la sostenibilidad y el cumplimiento de las expectativas de sus grupos de interés, situaciones que se logran con el apoyo de todos los colaboradores y las estrategias que tome la dirección; otra manera de alcanzar estas metas es garantizar la correcta utilización de los recursos buscando que los costos de producción se mantengan dentro de los valores estimados para obtener las utilidades esperadas. Sin embargo estas utilidades se pueden ver afectadas por varias razones entre ellas, reprocesos en los procesos productivos por errores que aumentan los costos de mano de obra y/o materiales o una estimación equivocada de los principales elementos que agregan valor al producto como la materia prima directa y la mano de obra directa.

En los diferentes sectores manufactureros se calculan los costos de producción de un producto de diferentes maneras, por ejemplo algunos utilizan las velocidades teóricas de sus máquinas para realizar el cálculo del tiempo necesario para fabricar un producto, los materiales los determinan a través de diferentes software, otros utilizan tiempos estándar calculados con anterioridad sobre productos ya fabricados para estimar la mano de obra y es muy común que algunos como en el sector metalmecánico utilicen la experiencia y el conocimiento adquirido durante el tiempo para emitir de manera muy personal los tiempos o los costos asociados a la mano de obra de un producto a fabricar especialmente cuando este se realiza por primera vez. Es por ello que este trabajo busca identificar cuál es la mejor manera de estimar los costos de mano de obra asociados a la fabricación de equipos para procesos industriales en una empresa metalmecánica del Valle, en donde este componente del costo genera la mayor variabilidad con relación a los valores estimados en las etapas iniciales del proyecto y pone en riesgo los rendimientos de la compañía, ya sea por una subestimar los costos o por una sobre valoración de los mismos.

Poseer una herramienta para la valoración de la mano de obra permitiría agilizar y mejorar la toma de decisiones en cuanto al precio de venta de los productos a fabricar y disminuir la variabilidad en uno de los principales componentes que agregan costo al producto.

2. PRESENTACION DE LA EMPRESA

La empresa ABC es una empresa industrial y de servicios dedicada al diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de equipos para procesos industriales, logísticos y de transporte, de acuerdo a las especificaciones de cada cliente, los cuales pueden tener altos niveles de estandarización que son utilizados por varios de ellos, con algunas pequeñas modificaciones, como pueden ser personalizados y de uso exclusivo para aplicaciones particulares de un cliente.

Los materiales con los cuales se fabrican los productos son principalmente: láminas de acero al carbón y láminas de acero inoxidable y los principales procesos productivos son: corte, doblado, rolado, maquinado, armado, soldadura, pintura.

Dentro de los equipos de transporte que se fabrican se encuentran:

Ilustración 1: Remolques cañeros



Ilustración 2: Cama bajas



Ilustración 3: Cama altas

Ilustración 4: Góndolas



Ilustración 5: Carro tanques



Ilustración 6: Canastas



Ilustración 7: Carro talleres



Ilustración 8: Semi remolques



Ilustración 9: Vagones auto volteo



Ilustración 10: Tanques sobre chasis



Fuente: El autor.

Dentro de los equipos para procesos industriales que se fabrican se encuentran:

Ilustración 11: Tachos



Ilustración 12: Evaporadores



Ilustración 13: Condensadores



Ilustración 14: Calandrias



Ilustración 15: Tanques estacionarios



Ilustración 16: Conductores



Fuente: El autor

3. DEFINICION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En una empresa metalmecánica del Valle, se fabrican equipos de transporte y equipos para procesos industriales, cuando se requiere fabricar estos equipos, los cuales pueden ser particulares para cada cliente o pueden ser de diferentes capacidades es necesario realizar una cotización para ser presentada al cliente antes de iniciar todo el proceso de apoyo que ello significa, tanto de orden administrativo, como técnico al igual que operativo.

En las cotizaciones de equipos para procesos industriales se estiman los tres elementos del costo: materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación de la siguiente manera: el costo de los materiales proviene de un listado preliminar de elementos que genera el departamento de Diseño e Ingeniería el cual se valoriza por cada ítem de acuerdo con la información suministrada por el departamento de compras; el costo de la mano de obra se obtiene a través del cálculo de horas hombre multiplicado por el costo de la hora hombre establecido por la empresa, las horas hombre se obtienen a partir de la experiencia que tiene el Coordinador de producción utilizando como recurso solo un plano general de fabricación que puede o no mostrar las principales características de los equipos a cotizar y debido a que se realiza con base en la experiencia puede generar mucha incertidumbre, el problema es que cuando los proyectos son asignados y posteriormente ejecutados, se realiza una revisión de los resultados reales del proyecto y se comparan con los valores estimados en la cotización inicial, encontrándose grandes variaciones las cuales obedecen principalmente a las diferencias entre el costo de la mano de obra cotizada y el costo de la mano de obra real es decir a las variaciones entre la cantidad de horas hombre estimadas por el Coordinador de producción con base en su experiencia y las horas hombre reales, a pesar de que en algunas ocasiones se consideran algunas horas hombre adicionales para cubrir algunos imprevistos que se puedan presentar durante el proceso productivo y considerando que estos proyectos pueden costar grandes cantidades de dinero, pueden convertirse en un riesgo para la compañía; una estimación deficiente de la mano de obra puede generar pérdidas para la compañía y una estimación excesiva, puede generar el peligro de perder el trabajo y de impactar negativamente la competitividad de la empresa, es decir que el cálculo de la mano de obra es determinante en el momento fijar el precio de venta de los equipos para lograr la utilidad esperada por la compañía. Adicionalmente cuando el coordinador de producción no se encuentra en las instalaciones de la empresa a causa de visitas que se realizan a los clientes nacionales o internacionales para dar soporte técnico, no existe otra persona capaz de realizar

el cálculo de las horas hombre, teniendo que esperar que el coordinador regrese para calcularlo o esperar a que pueda sacar un poco de tiempo en medio de la visita técnica para realizar el cálculo; en cualquiera de las dos situaciones, los tiempos para cotizar se prolongan más de lo debido, generando traumas en los procesos.

Los costos indirectos de fabricación se calculan como un porcentaje de la sumatoria de los materiales y la mano de obra, este porcentaje es determinado por el proceso comercial.

En el sector metalmecánico se puede encontrar algunas empresas que para cotizar sus productos poseen una relación entre el peso de los elementos a fabricar y el costo de los mismos, esta situación se presenta en las compañías que fabrican estructuras metálicas, en donde la cotización de una fabricación o un montaje está dado por el peso de los elementos a fabricar o montar, en estas cotizaciones la relación con el peso del equipo está dada para los tres elementos del costo: materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación y no solo para la mano de obra que en este caso es el principal elemento de variación de los costos cotizados versus los costos reales; estos cálculos obedecen a la experiencia que han adquirido estas empresas en el tiempo.

Una alternativa para mejorar la variación entre la mano de obra cotizada y ejecutada sería verificar si existe alguna relación entre el peso teórico de los equipos fabricados y la cantidad de horas hombre o el costo de la mano de obra de cada equipo, que permitiría elaborar una herramienta que realice el cálculo de horas hombre necesarias para fabricar un producto o determinar su costo a partir del peso teórico del equipo, si se determina la cantidad de horas hombre estas se multiplicarían por la tarifa de hora hombre de la compañía para establecer el costo total de la mano de obra requerida.

Entre los equipos para procesos industriales se encuentran los equipos que se utilizan para contener materiales o realizar transformaciones de materias primas como por ejemplo los tachos y evaporadores, también existen los equipos que se utilizan para transportar materiales como los conductores de bagazo y bagacillo y los tornillos sin fin, para este último grupo, la empresa no fabrica todas las partes completamente, se utilizan proveedores para algunas partes críticas, razón por la cual este trabajo se centrará en aquellos equipos sobre los cuales la empresa tiene total control de la transformación de materiales y sobre los que más proyectos se han realizado, es decir sobre los que se utilizan para contener materiales o realizar transformaciones de materias primas.

3.2. ALCANCE

Este proyecto está enmarcado dentro de una investigación exploratoria y lo que pretende es encontrar una propuesta de herramienta que permita estimar el costo de la mano de obra requerida para fabricar equipos para procesos industriales que se usan principalmente para contener materiales o realizar transformaciones de materias primas.

4. JUSTIFICACION

Una de las decisiones que debe tomar cada organización metalmecánica es la determinación del precio de venta de cada uno de sus productos; el cual se puede ver afectado por algunos elementos externos a la compañía como lo son las condiciones del mercado al igual que algunos elementos internos como los son los recursos y el tiempo empleado fabricar un producto.

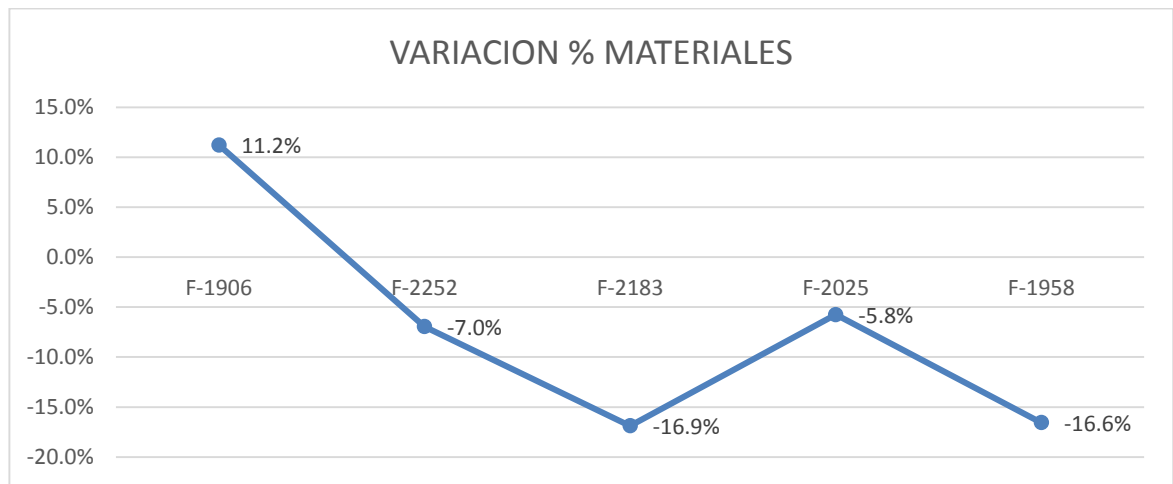
La decisión de cual precio de venta debe tener un producto en particular va a depender en parte de la estimación de los costos necesarios para fabricar ese producto como lo son los materiales, la mano de obra y los costos indirectos de fabricación; las otras variables que afectan en el precio de venta son la utilidad esperada y el porcentaje de imprevistos que es calculado por el proceso comercial en el caso de la empresa de estudio, lo que muestra que la cotización requiere toda la consideración posible para que sea lo más ajustado posible a la realidad para ser lo suficientemente competitivo para ser considerado por el mercado en el momento de la asignación de un proyecto como lo suficientemente realista como para no estar por debajo de los costos reales y poner en riesgo el margen esperado por la empresa.

En una empresa metalmecánica del Valle, el cálculo de una cotización destinado para la fabricación de quipos industriales que sirven como recipientes de materiales o contenedores temporales de productos contiene tres elementos: la materia prima, la mano de obra y los costos indirectos de fabricación. El primer elemento es calculado de acuerdo a la información suministrada por el departamento de Diseño e Ingeniería, sobre los materiales y elementos requeridos para cada proyecto el cual es valorado posteriormente por el proceso comercial de acuerdo con información suministrada por el departamento de compras de cada material a comprar; el segundo elemento (mano de obra), se calcula a partir de la experiencia del Coordinador de producción el cual con base a un plano general del equipo que puede mostrar o no sus dimensiones principales y el material con el cual se piensa fabricar, el coordinador realiza una lista de las posibles actividades a efectuar, el tiempo de duración de cada una de ellas y la cantidad de personas a emplear en cada actividad para después totalizar la cantidad de horas hombre requeridas para fabricar un equipo y multiplicar este valor por la tarifa de hora hombre establecida por la compañía, esta forma de calcular la mano de obra no es solo muy manual sino que también es muy subjetiva puesto que existe la posibilidad de que se omitan actividades que pueden requerir altos tiempos de procesamiento que impactar significativamente el costo de mano de obra haciendo que varíe con lo que inicialmente se había estimado; los costos indirectos de fabricación son un porcentaje que se aplica a la sumatoria del costo de materiales

más el costo total de la mano de obra, el cual es determinado por el departamento comercial.

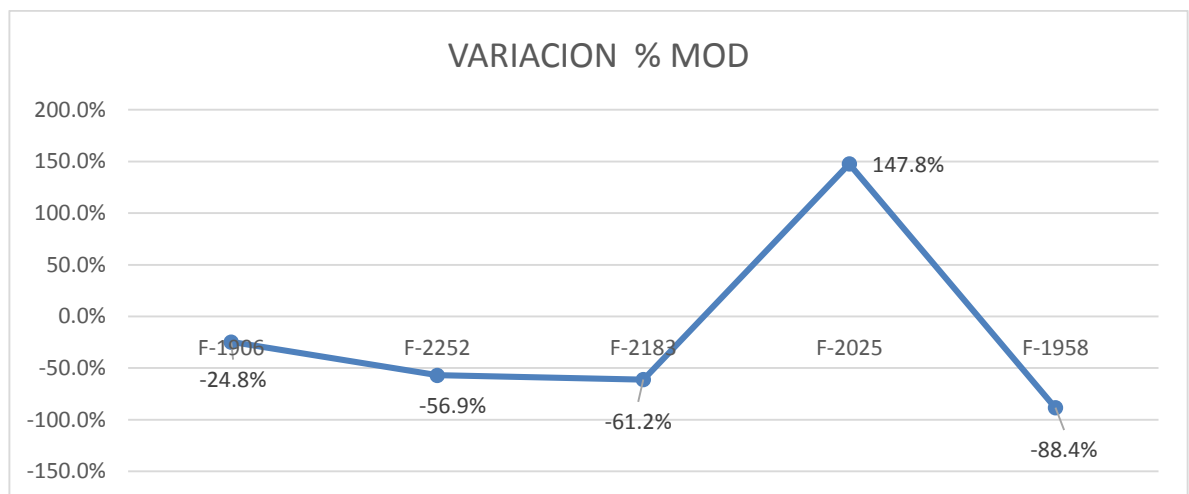
A continuación se presentan las variaciones porcentuales entre los costos presupuestados y los costos reales de algunas órdenes de producción (F-1906, F-2252, F-2183, F-2025, F-1958) de equipos para procesos industriales que sirven como recipientes de materiales o contenedores temporales de productos:

Ilustración 17: Variación porcentaje de materiales



Fuente: El autor.

Ilustración 18: Variación porcentaje mano de obra directa



Fuente: El autor.

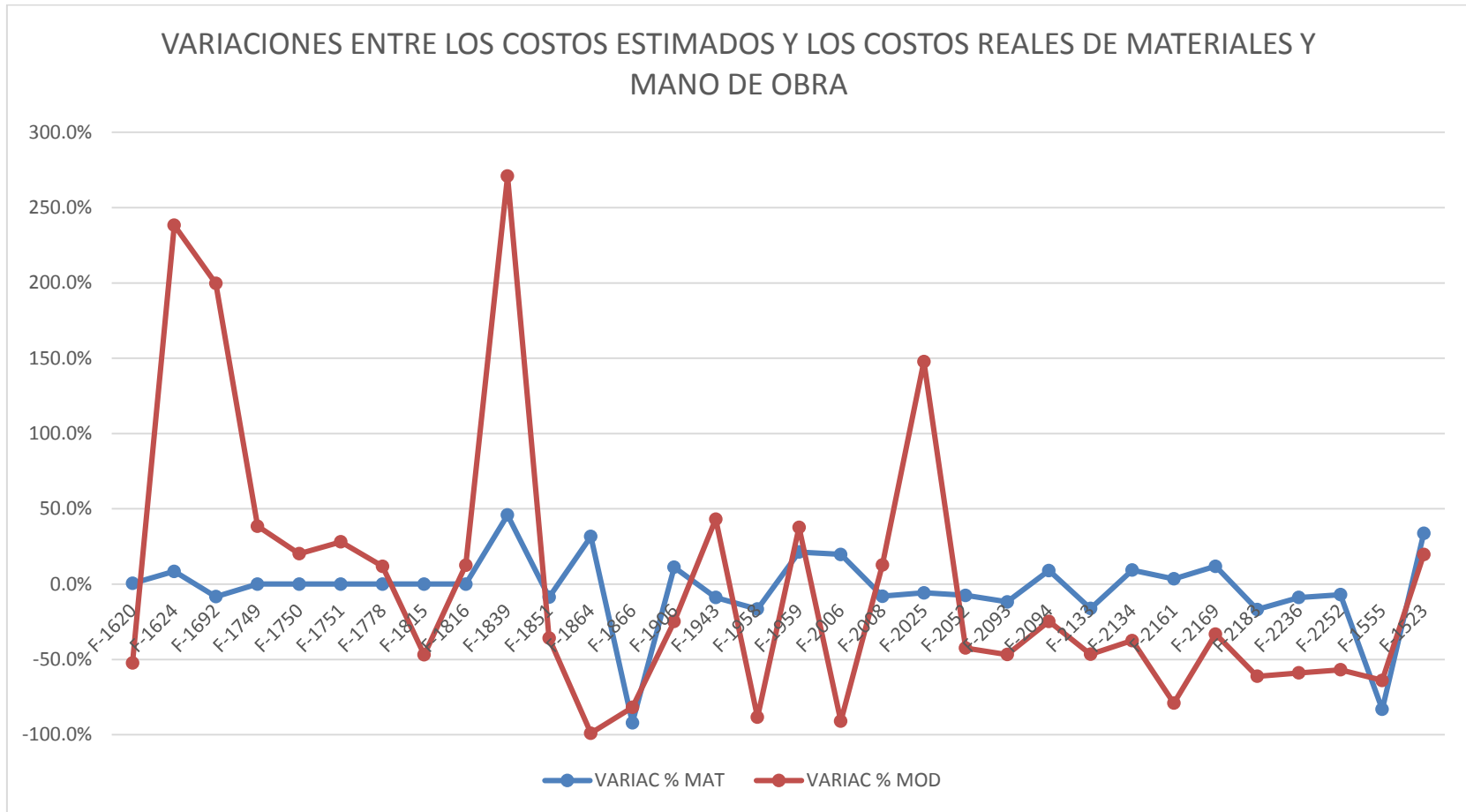
Como se puede observar existen variaciones entre los costos de materiales presupuestados y los reales que obedecen básicamente a las diferencias entre los costos promedios a los cuales se consumen los materiales del inventario y el costo presupuestado, al igual que las variaciones entre el costo de la lámina presupuestado y el costo real de la orden de producción el cual varía de acuerdo al costo del dólar de mercado y que es uno de los principales componentes de la materia prima.

En cuanto a la mano de obra se observan mayores diferencias entre los costos presupuestados y los costos reales; estas diferencias pueden generar pérdida del margen esperado (F-2025), o pueden dejar a la compañía por fuera de una licitación o cotización por presentar una estimación de mano de obra elevada (F-1906, F-2252, F-2183, F-1958).

Los resultados muestran que los materiales y los costos indirectos se acercan a la realidad, sin embargo en la mano de obra se observan variaciones que pueden llegar a ser significativas entre un proyecto y otro, a pesar de que este se haya desarrollado bajo condiciones normales, por lo tanto la utilidad no es la esperada, el costo de producción es elevado y el área de manufactura es cuestionado.

A continuación se presenta una ilustración con más órdenes de producción que sustentan lo anteriormente explicado.

Ilustración 19: Var costos estimados y costos reales de mat y mano de obra



Fuente: El autor.

5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

5.1. OBJETIVO GENERAL

1. Disminuir la variabilidad entre los principales componentes del costo (mano de obra) presupuestado y los reales de equipos para procesos industriales utilizados en la contención o transformación de materiales de una empresa metalmeccánica del Valle.

5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar cuáles son las principales las variables que agregan valor en la fabricación de equipos para procesos industriales, su influencia en el costo total de un producto y cuál es la que presenta mayor variabilidad y mayor desfase comparando el presupuesto base y los resultados finales de la fabricación de un producto.
2. Validar y seleccionar cual es la mejor metodología para calcular formalmente los costos de un producto y particularmente en el sector metalmeccánico y empresa tipo.
3. Plantear una herramienta que permita calcular la cantidad de horas hombre o el costo de la mano de obra necesaria para fabricar equipos para proceso industriales en una empresa del Valle.

5.3. RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar este proyecto se espera poder realizar una herramienta que le permita a una empresa metalmecánica del Valle tomar mejores decisiones sobre la mano de obra requerida para fabricar equipos para procesos industriales, para establecer precios de venta que logren la utilidad esperada por la compañía, disminuyendo la variabilidad entre los costos estimados en las etapas iniciales del proyecto y los costos reales una vez finalizado el mismo.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

Según Welsch, Gordon, & Noverola (2005) el presupuesto de producción especifica la cantidad planificada de los artículos a fabricar durante el periodo del presupuesto. Es el paso inicial en la presupuestación de las operaciones de manufactura. Además del presupuesto de producción, son relevantes a la manufactura otros tres presupuestos: 1) el presupuesto del material directo y de componentes comprados, en el cual se explican las necesidades planificadas del material directo y los componentes comprados que entrarán en la producción; 2) el presupuesto de mano de obra, que muestra la cantidad y el costo planificados, de la mano de obra directa, y 3) el presupuesto de gastos indirectos de fabricación o gastos generales de la fábrica, que incluye los planes para todos los gastos de la fábrica, excepto el material y la mano de obra directos

El presupuesto de mano de obra directa cubre las necesidades de mano de obra directa para producir los tipos y las cantidades de las diversas producciones planificadas en el presupuesto de producción. Uno de los propósitos de presupuestar la mano de obra consiste en proporcionar los datos para la planificación de la cantidad requerida de mano de obra directa, el número de empleados de mano de obra directa que se necesita, el costo de mano de obra de cada unidad de producto y las necesidades de efectivo. Otro propósito del presupuesto de mano de obra directa es establecer una base para el control de este elemento del costo. El método que se emplee para desarrollar el presupuesto de mano de obra directa depende principalmente de: 1) el método de pago de los salarios, 2) el tipo de proceso de producción de que se trate, 3) la disponibilidad de tiempos estándar de mano de obra y 4) la adecuación de los registros de contabilidad de costos a los costos de mano de obra directa. Básicamente, los métodos que se emplean para desarrollar el presupuesto de mano de obra directa son tres:

1. Estimar las horas estándar de mano de obra directa requeridas para cada unidad de los distintos productos; posteriormente, estimar las cuotas promedio de salario por departamento, centro de costos u operación. Multiplicar el tiempo estándar por unidad de producto por la cuota promedio del salario por hora, con lo que se obtiene el costo de mano de obra directa por unidad de producción para el departamento, centro de costos o de operación. Multiplicar las unidades de la producción planificada para el departamento, centro de costos o de operación, por la cuota unitaria de mano de obra directa a fin de obtener el costo total de mano de obra directa por producto.

2. Estimar las razones de la mano de obra directa para alguna medida de la producción que pueda planificarse de manera realista.
3. Desarrollar tablas de personal con indicaciones de las necesidades de personal (incluyendo costos), para la mano de obra directa en cada centro de responsabilidad.

Bajo esta óptica todos los elementos del costo deben ser revisados, analizados y controlados en la ejecución con el fin de evitar variaciones significativas por encima de lo presupuestado con el fin de mantener la rentabilidad del proyecto y poder cumplir a todos los grupos de interés.

Si bien existen diferentes formas de estimar la mano de obra para un proyecto en particular, esto va a depender de la información que posea cada compañía sobre sus procesos productivos en cuanto a tiempos y costo, los datos históricos sobre los proyectos ejecutados con anterioridad y del seguimiento y control que se haya realizado para registrar las novedades que hayan generado variaciones a lo esperado y del personal capacitado y con experiencia para realizar la estimación de horas hombre para la fabricación de equipos con el fin de mantener la mano de obra dentro de lo estimado y poder proteger la rentabilidad esperada de cada proyecto y poder cumplir a los grupos de interés. Al respecto Saniuk Anna (2011), plantea que en los procesos de trabajo con metal se hace necesario utilizar métodos para estimar los costos de fabricación con mayor precisión y proponen el uso de los costos basados en actividades (ABC) para estimar los costos de las órdenes de producción planificadas en procesos metalúrgicos, logrando medir los costos y las actividades de la empresa (costos indirectos), estos últimos surgen como resultado de la ejecución de acciones específicas para la fabricación del producto (costos directos), lo cual se alinea con la afirmación de que el enfoque ABC es ampliamente aplicable en todo el espectro de funciones de la empresa (Cooper & Kaplan, 1991).

6.2. ANTECEDENTES

En el año 2012, los estudiantes de pregrado López Polania & Quiñonez Castillo (2012), de la facultad de ingeniería de la universidad ICESI, buscaban rediseñar una herramienta que permitiera obtener el valor presupuestado del costo de los proyectos de construcción en metal de una pyme del sector metalmecánico de la ciudad de Cali dedicada a la producción de estructuras metálicas; los investigadores utilizaron el modelo TDABC para calcular el costo administrativo identificando las actividades que realiza el área, teniendo en cuenta el tiempo para realizarlas y el costo por minuto productivo; con esta investigación López y Quiñonez, lograron estimar el valor que agrega cada actividad en el producto final, permitiéndoles acercarse más a los valores reales, haciendo más ágil el proceso de costeo y facilitando la toma de decisiones en las negociaciones con el cliente.

Los investigadores Giraldo Narváez & Solarte Calderon (2010), estudiantes de pregrado de la Universidad ICESI en el año 2010, buscaron mejorar la determinación de los costos de una empresa metalmeccánica con una herramienta que integraba y calculaba las variables que intervienen en el proceso productivo de un bien; para lograr esto identificaron los métodos que utilizan las empresas del sector, luego clasificaron las variables comunes para determinar a través de encuestas las herramientas utilizadas para realizar el costeo en las empresas para poder rediseñar la herramienta, probarla y realizar un comparativo entre los resultados comunes y los obtenidos con el nuevo método; Giraldo Narváez & Solarte Calderon (2010) encontraron que las empresas del sector metalmeccánico encuestadas no han definido un método para costear los productos a fabricar igualmente manifiestan que ninguna de las empresas visitadas tiene un método de costeo establecido ni tampoco tienen una estructura de costos clara, lo que les ha llevado a optar por costear sus productos con base en la experiencia de operaciones, es decir aprendiendo de errores del pasado. También plantean que el 70% de las empresas encuestadas tienen problemas para costear sus productos porque la fabricación lleva más tiempo del esperado y porque solo el dueño o el jefe de producción son capaces de costear un producto.

Los estudiantes de la facultad de ciencias económicas y administrativas del programa de Administración de Empresas de la Universidad Católica Popular de Risaralda Mejía Hoyos, Galeano, & Uriel Hoyos (2009) se propusieron describir los sistemas de costeo que utilizan las empresas metalmeccánicas en el área metropolitana de Pereira Dos Quebradas. Para la elaboración de su investigación utilizaron el método etnográfico, que busca información a través de la indagación y documentación en fuentes secundarias, también se realizaron encuestas en una muestra de doce empresas, los investigadores encontraron que el 75% de las empresas encuestadas utilizan el sistema de costeo por órdenes de producción, que el 67% calcula sus costos de acuerdo a sus costos reales incurridos en un periodo de tiempo y lo hacen por tipo de producto; sin embargo en esta investigación no se aclara cuáles son las variaciones de estos costos reales frente a los estimados para la fabricación de cada producto y como estos influyen en la rentabilidad de cada una de las organizaciones.

En Venezuela, los investigadores Rodriguez Medina, Chávez Sánchez, Rodríguez Castro, & Chirinos González (2007) publicaron en la Revista de Ciencias Sociales un artículo que analizaba la gestión de costos de producción en la industria metalmeccánica de la región Zulia en Venezuela de las empresas fabricantes de bienes de capital para la industria petrolera; la metodología empleada fue a través de entrevistas estructuradas para establecer los productos que se fabrican, los procesos con sus actividades, el método de costeo y la forma como tratan los costos indirectos de fabricación catorce empresas, entre los resultados obtenidos se observa que nueve de las empresas entrevistadas lleva un sistema de costos

por órdenes de trabajo, seis utilizan el costo estándar, tres empresas el costeo real y dos el costeo normal. En cuanto a los costos indirectos de fabricación, seis empresas utilizan tasas predeterminadas de asignación y ocho no la usan, a pesar de que sus sistemas de costeo lo usan; dados estos resultados los investigadores concluyen que algunas de las empresas investigadas no calculan adecuadamente los costos de producción especialmente los costos indirectos de fabricación, los cuales no son calculados en función de las actividades, a pesar de ser conocidas.

En un artículo de la Revista Hombre Máquina del 2004, el docente Castañeda A (2004) elaboró un diagnóstico con cuatro empresas metalmecánicas productoras de bienes de capital de la ciudad de Cali, aplicando una herramienta que pretendían determinar las falencias y proponer correctivos que mejoraran el nivel productivo y competitivo de las empresas analizadas; la aplicación de la herramienta se dividió en tres secciones: la empresa y su entorno, el proceso productivo y la tecnología; entre las conclusiones a las que llegó Castañeda se encuentra: Aunque en la empresa se utilizan órdenes de trabajo, el procedimiento seguido y la documentación utilizada para su elaboración no permiten extraer de ella información que facilite, por ejemplo, el cálculo de los tiempos de preparación, mecanizado, cambio de la herramienta, parámetros tecnológicos asignados, etc., con los cuales se puede hacer un seguimiento del proceso y pensar en un mejoramiento (Castañeda A, 2004), adicionalmente manifiesta que no se tienen informes sobre las piezas fabricadas en una máquina que fueron rechazadas posteriormente, tampoco se tienen registros de los tiempos de espera o demoras; todas estas situaciones hacen notar claramente que la estimación de los costos que se pudo haber hecho al inicio de la fabricación será superada por una serie de situaciones de las cuales no quedan registros para posteriormente realizar los análisis de variaciones.

Verlinden, Duflou, Collin, & Cattrysse (2007) en el artículo “Cost estimation for sheet metal part using multiple regression and artificial neural networks: A case study”, discutieron los resultados de un estudio realizado en dos empresas de lámina para averiguar si se pueden realizar estimaciones precisas de costos sin tantos procesos de planificación y utilizan como herramientas la regresión múltiple y las redes neuronales artificiales mencionado los problemas de diseño, las ventajas y las desventajas de cada una de ellas; uno de los factores que influyen en el modelo de regresión es el peso de la pieza y dentro de las conclusiones de este artículo están que se requieren modelos de estimación de costos precisos para dar respuesta inmediata a los clientes en sus cotizaciones y que los modelos de regresión son los preferidos por su formación matemática y su valor explicativo.

7. MATRIZ DE MARCO LOGICO

	RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES			MEDIOS DE VERIFICACION	SUPUESTOS
		NOMBRE	FORMULA	META		
FIN	Contribuir para que la compañía sea más competitiva en el mercado.					
PROPOSITO	La empresa ABClos principales componentes del costo (mano de obra) presupuestado y los reales de equipos para procesos industriales utilizados en la contención o transformación de materiales.	Proyectos con margen	Proyectos con margen esperado/Total proyectos.	100%	PYG por orden de producción del Sistema de Información de la empresa.	
COMPONENTES	1. El proceso de manufactura identifica cuáles son las principales las variables que agregan valor en la fabricación de equipos para procesos industriales, su influencia en el costo total de un producto y cuál es la que presenta mayor variabilidad y mayor desfase comparando el presupuesto base y los resultados finales de la fabricación de un producto.	Variables que agregan valor.	Existe o no relación.			
	2. El proceso de manufactura valida y selecciona una metodología para calcular formalmente los costos de un producto.	Metodología.	Existe o no una metodología adecuada.			
	3. El proceso de manufactura determina si el componente que genera mayor variabilidad con respecto a los presupuesto tiene una relación con el peso teórico del equipo a fabricar.	Relación entre variable y el peso.	Existe o no relación.			
	4. El proceso de manufactura cuenta con una herramienta que permite calcular la cantidad de horas hombre o el costo de la mano de obra necesaria para fabricar equipos para proceso industriales.	Tiempo de respuesta a las cotizaciones.	Tiempo est. para dar respuesta a las cotizaciones/Tiempo real empl. para dar respuesta a cotizaciones.	100%	Registros de Gestión de calidad.	
ACTIVIDADES	1.1. Comparar los valores de los costos reales que agregan valor a los productos con los valores presupuestados.	Cumplimiento al presupuesto	Costos presupuestados por elemento de costo/Costos reales por elemento del costo.		Sistema de información de la empresa.	Se requieren cotizaciones permanentement e. Se adjudican proyectos permanentement e.
	1.2. Estudio de variables que afectan el número de horas hombre requeridas en la fabricación de equipos industriales.	Variables	Si afectan o no afectan			
	2.1. Revisión de bibliografía que argumente la forma de calcular los costos que agregan valor a un producto.	Calculo de costos de un producto.	Número que metodologías verificadas.			
	2.2. Realizar 2 entrevistas a personal del sector con experiencia para verificar la forma de determinar los costos de un producto.	Entrevistas	Entrevistas realizadas / Entrevistas Estimadas	100%		
	3.1. Extracción de la cantidad de horas hombre o costo de mano de obra de cada orden de fabricación de equipos industriales, que refiere mayor variabilidad.	Elementos del costo del producto.	Total proyectos revisados/Total proyectos ejecutados en la empresa.	90%	Sistema de información de la empresa.	
	3.2. Revisión del peso de los equipos de cada una de las órdenes de fabricación de equipos industriales.	Pesos de cada equipo.			Departamento de ingeniería.	
	3.3. Establecer cual herramienta estadística puede servir para el análisis.	Herramienta estadística.	Se puede hacer un análisis estadístico o no.			
	3.4. Análisis estadístico.	Modelo estadístico.	Existe o no relación		Datos del sistema de información, Departamento de Ingeniería.	
	4.1. Realizar una herramienta para calcular la cantidad de horas hombre o el costo de mano de obra necesaria para la fabricación de equipos para procesos industriales.	Herramienta.	Se crea una herramienta de estimación.	Hta creada		
	4.2. Revisar el nuevo tiempo requerido para estimar la mano de obra calculada con relación al tiempo utilizado inicialmente.	Tiempo empleado.	Tiempo empleado actualmente - Tiempo empleado anteriormente	Mayor que -3 días	Registros de Gestión de calidad.	

Ilustración 20: Matriz de marco lógico

8. RECURSOS A EMPLEAR

8.1. HUMANOS

En esta investigación participará como tutor metodológico el ingeniero Jairo Guerrero, quien cuenta con la experiencia suficiente en diseño y presentación de trabajos de grado y actualmente es docente de la universidad ICESI; como tutor temático se encuentra el docente de la universidad ICESI Meir Tanura.

El equipo de trabajo está integrado por un investigador el cual se encuentra cursando el tercer semestre de la maestría en Ingeniería Industrial en la universidad ICESI, quien es Ingeniero Industrial de la universidad Santiago de Cali y tiene experiencia en los procesos de planeación de empresas manufactureras con sistemas Make to Order y Maketo Stop.

8.2. DIRECTOR

El director del trabajo de grado: Meir Tanura Saportas, docente de pregrado de la universidad ICESI, ingeniero mecánico con especialización en Gerencia de producción y logística de la Universidad ICESI y especialización en estructuras metálicas de la Universidad del Valle, además de ser magister en Ingeniería Industrial de la universidad ICESI, cuenta con más de veinte años como participante en empresas metalmeccánicas en el departamento del Valle (Icesi, Universidad, 2012).

8.3. PRESUPUESTO

Los recursos requeridos para la elaboración de esta investigación serán suministrados así: la papelería, el computador, la movilidad, el internet, la mensajería y los libros serán por el investigador, los tutores metodológico y temático serán suministrados por la universidad, al igual que algunas referencias bibliográficas.

El presupuesto estimado para esta investigación se muestra en la siguiente tabla:

DESCRIPCION	VALOR
PAPELERIA	\$ 289.000
COMPUTADOR	\$ 1.300.000
MOVILIDAD (Gasolina, Peajes)	\$ 1.491.840
INTERNET	\$ 238.000
MENSAJERIA	\$ 300.000
LIBROS	\$ 900.000
INVESTIGADOR	\$ 5.813.033
TUTOR	\$ 2.747.250
TOTAL	\$ 13.079.123

Tabla 1: Presupuesto.

Fuente: El autor.

9. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	03 nov '13	05 ene '14	09 mar '14	11 may '14	
				V	S	D	L	M
CRONOGRAMA DE TRABAJO	120 días	vie 29/11/13	vie 16/05/14					
INCIO	0 días	vie 29/11/13	vie 29/11/13					29/11
1.1. Comparar los valores de los costos reales que agregan valor a los productos con los valores presupuestados.	5 sem.	jue 02/01/14	mié 05/02/14					
1.2. Estudio de variables que afectan el número de horas hombre requeridas en la fabricación de equipos industriales.	6 sem.	vie 29/11/13	jue 09/01/14					
2.1. Revisión de bibliografía que argumente la forma de calcular los costos que agregan valor a un producto.	4 sem.	vie 29/11/13	jue 26/12/13					
2.2. Realizar 2 entrevistas a personal del sector con experiencia para verificar la forma de determinar los costos de un producto.	6 sem.	vie 27/12/13	jue 06/02/14					
3.1. Extracción de la cantidad de horas hombre o costo de mano de obra de cada orden de fabricación de equipos industriales, que refiere mayor variabilidad.	2 sem.	vie 07/02/14	jue 20/02/14					
3.2. Revisión del peso de los equipos de cada una de las órdenes de fabricación de equipos industriales.	3 sem.	vie 07/02/14	jue 27/02/14					
3.3. Establecer cual herramienta estadística puede servir para el análisis.	2 sem.	vie 07/02/14	jue 20/02/14					
3.4. Análisis estadístico.	6 sem.	vie 21/02/14	jue 03/04/14					
4.1. Realizar una herramienta para calcular la cantidad de horas hombre o el costo de mano de obra necesaria para la fabricación de equipos para procesos industriales.	5.5 sem.	vie 04/04/14	mar 13/05/14					
4.2. Revisar el nuevo tiempo requerido para estimar la mano de obra calculada con relación al tiempo utilizado inicialmente.	0.5 sem.	mar 13/05/14	jue 15/05/14					
FIN	0 días	vie 16/05/14	vie 16/05/14					16/05

Ilustración 21: Cronograma de trabajo

10. SITUACION ACTUAL

Para el cálculo de la mano de obra, el coordinador de producción recibe la información proveniente del proceso comercial, la cual puede ser un plano general del equipo con sus principales dimensiones como alto, diámetros del equipo, principales accesorios, tipo de material a fabricar y posible peso del equipo, en otras ocasiones es solo una tabla con algunos de los datos anteriormente mencionados; con esta información el coordinador empieza a visualizar cuales son las actividades que debe realizar para conformar las piezas que se deben fabricar, esto lo plasma en hoja de datos, a las cuales posteriormente le agrega el tiempo que él cree de acuerdo a su experiencia que se puede tomar cada actividad y la cantidad de personas necesarias para cada actividad, estos dos últimos datos los multiplica para obtener la cantidad de horas hombre estimadas en la fabricación a las cuales le agrega un porcentaje de horas para cubrir posibles eventualidades como demoras en transportes; este resultado es multiplicado por la tasa de horas hombre establecida para el periodo y así se obtiene el presupuesto de mano de obra del equipo; el cual es comparado con otros productos similares anteriormente fabricados si es posible antes de dar el dato al departamento comercial. Este proceso puede tener una duración de cinco a diez días dadas las otras ocupaciones del coordinador de producción. En la empresa de estudio se realizan dos tipos de cotizaciones las cuales se clasifican de la siguiente manera:

Licitación: Convocatoria pública o privada, basada en términos de referencia específicos, la cual será adjudicada al proponente que cumpla con los mismos (Bobadilla, 2013).

Cotización: Aquel documento o información que el departamento comercial usa en una negociación de un equipo o producto el cual no cumple con el formalismo de una licitación (Bobadilla, 2013).

A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso de cotización de la empresa:

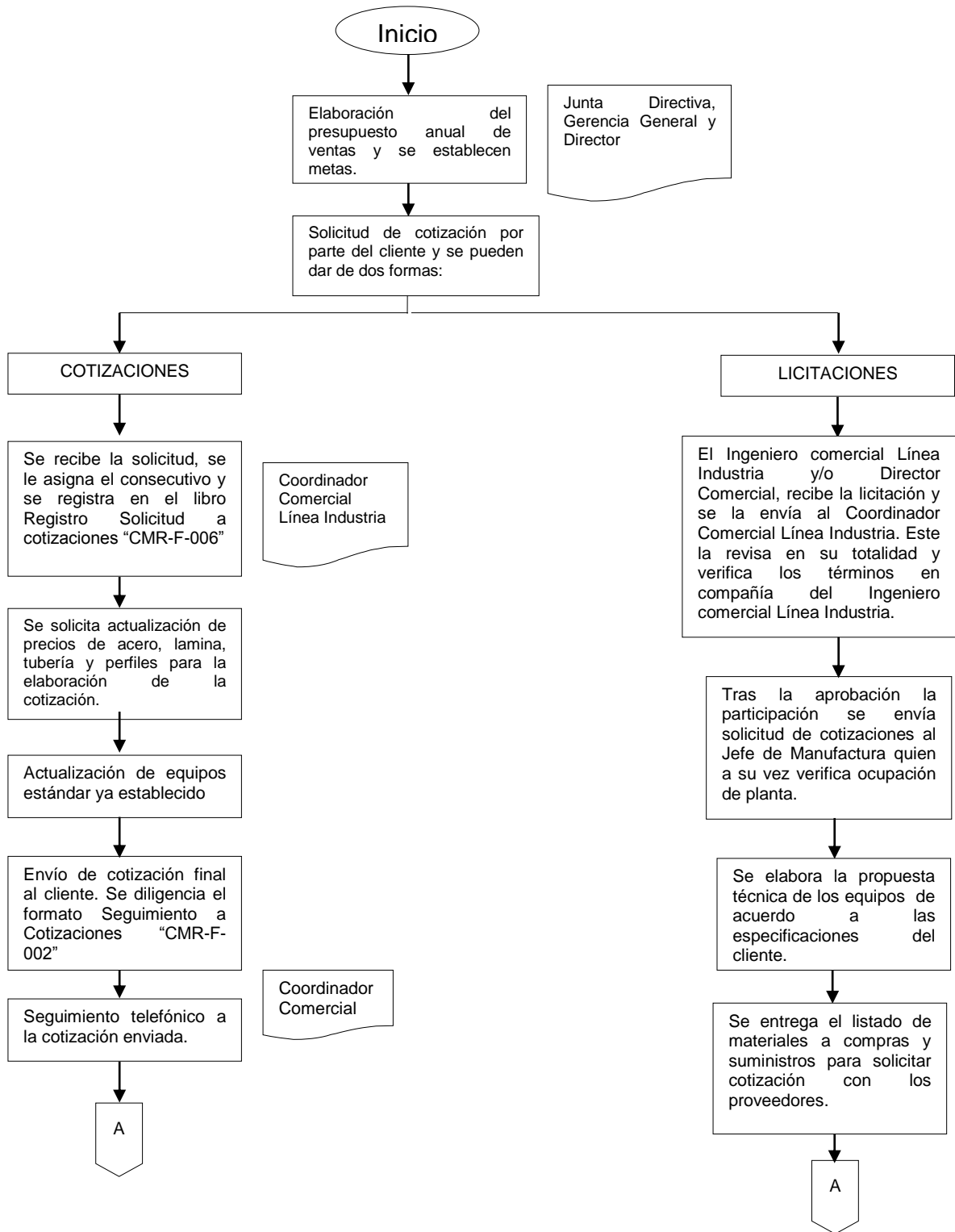


Ilustración 22: Diagrama de flujo del proceso de cotización.

Fuente: (Procedimiento comercial, empresa de estudio, 2013, pág. 18).

En la rama cotizaciones el punto “Actualización de equipos estándar ya establecido” hace referencia a la revisión de horas hombre requerido para fabricar equipos que ya tienen unas horas estimadas provenientes de la revisión de la historia de la fabricación de la empresa.

Dentro de las situaciones que se presentan por cotizar la mano de obra de esta manera están:

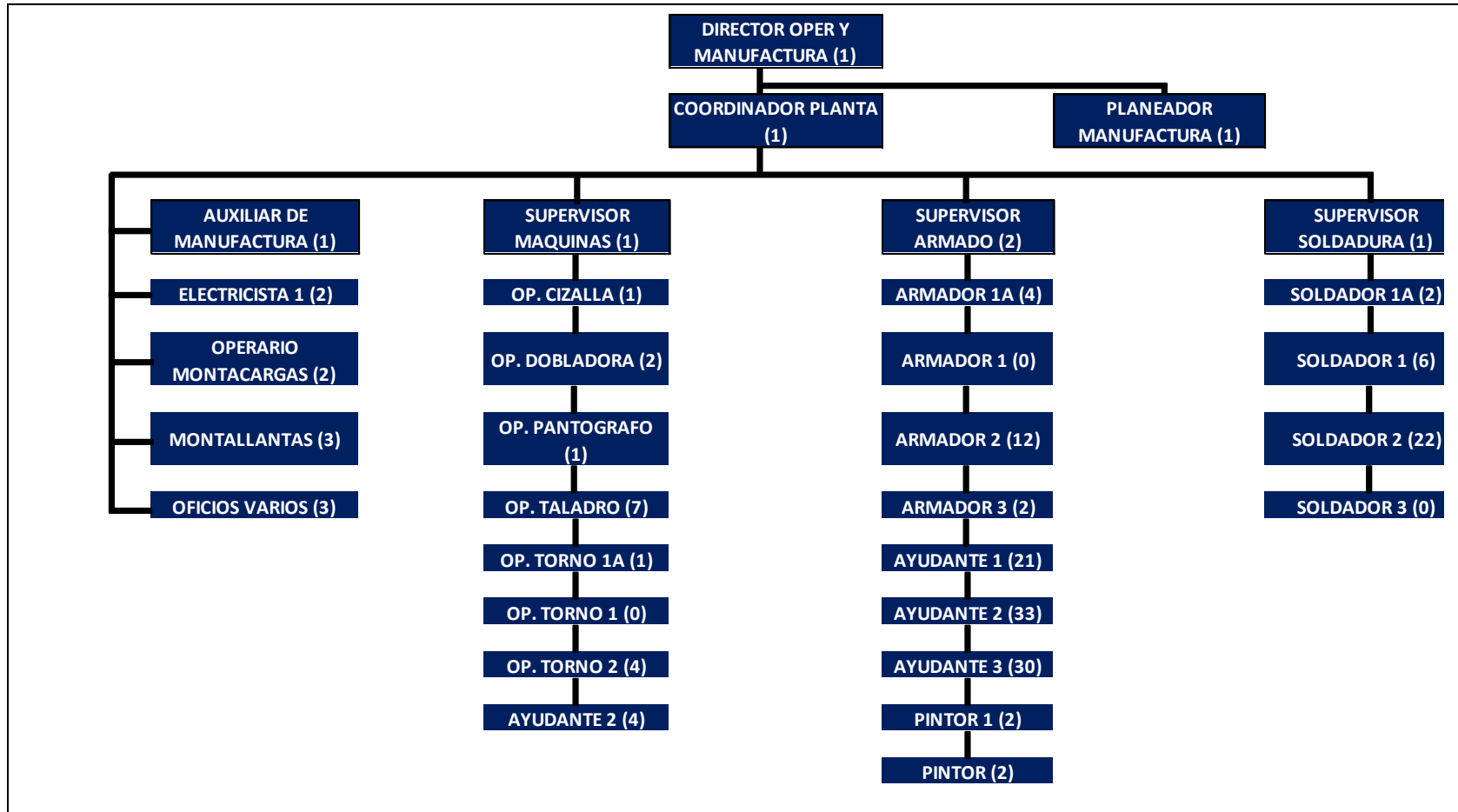
- Alto grado de incertidumbre en el costo total de la mano de obra.
- Dependencia de un solo funcionario para realizar el presupuesto de mano de obra.
- Resultados de los cálculos de mano de obra basados sólo en la experiencia.
- Tiempos de procesamiento altos para la estimación del costo de la mano de obra.

10.1. PERSONAL DE LA PLANTA

En la planta de fabricación existen diferentes cargos dependiendo de sus funciones y nivel de competencias, clasificados de la siguiente manera:

- Operario de cizalla.
- Operario de dobladora.
- Operario de pantógrafo.
- Operario de taladro.
- Operario de torno 1A
- Operario de torno 1.
- Operario de torno 2.
- Soldador 1A.
- Soldador 1.
- Soldador 2.
- Soldador 3.
- Armador 1A.
- Armador 1.
- Armador 2.
- Armador 3.
- Ayudante 1.
- Ayudante 2.
- Ayudante 3.

Ilustración 23: Organigrama de manufactura.



Fuente: El autor.

10.2. PROCESOS PRODUCTIVOS

Los principales procesos productivos de la organización son:

- Corte con cizalla o pantógrafo.
- Doble.
- Rolado.
- Perforado.
- Torneado.
- Armado.
- Soldadura.
- Pintura.

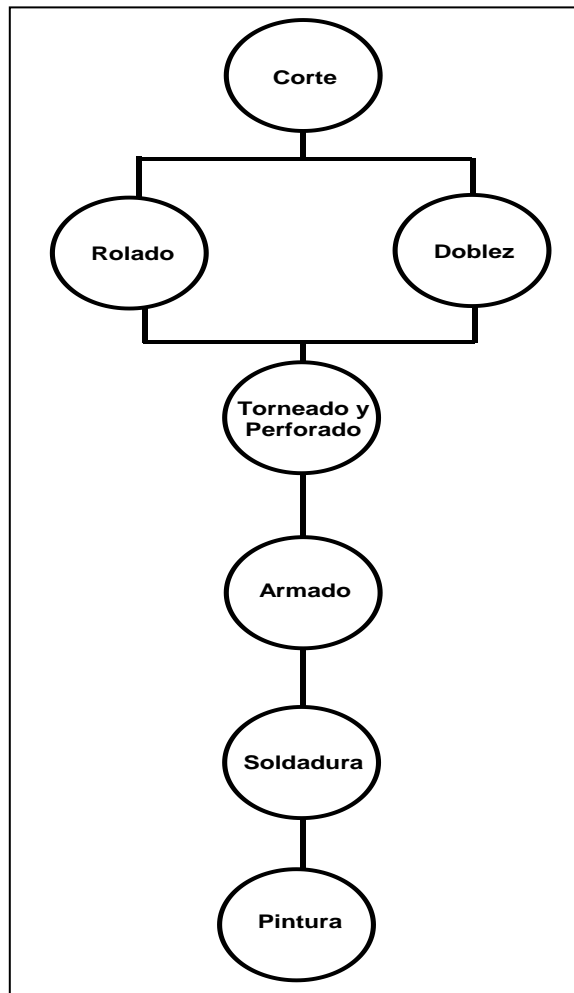
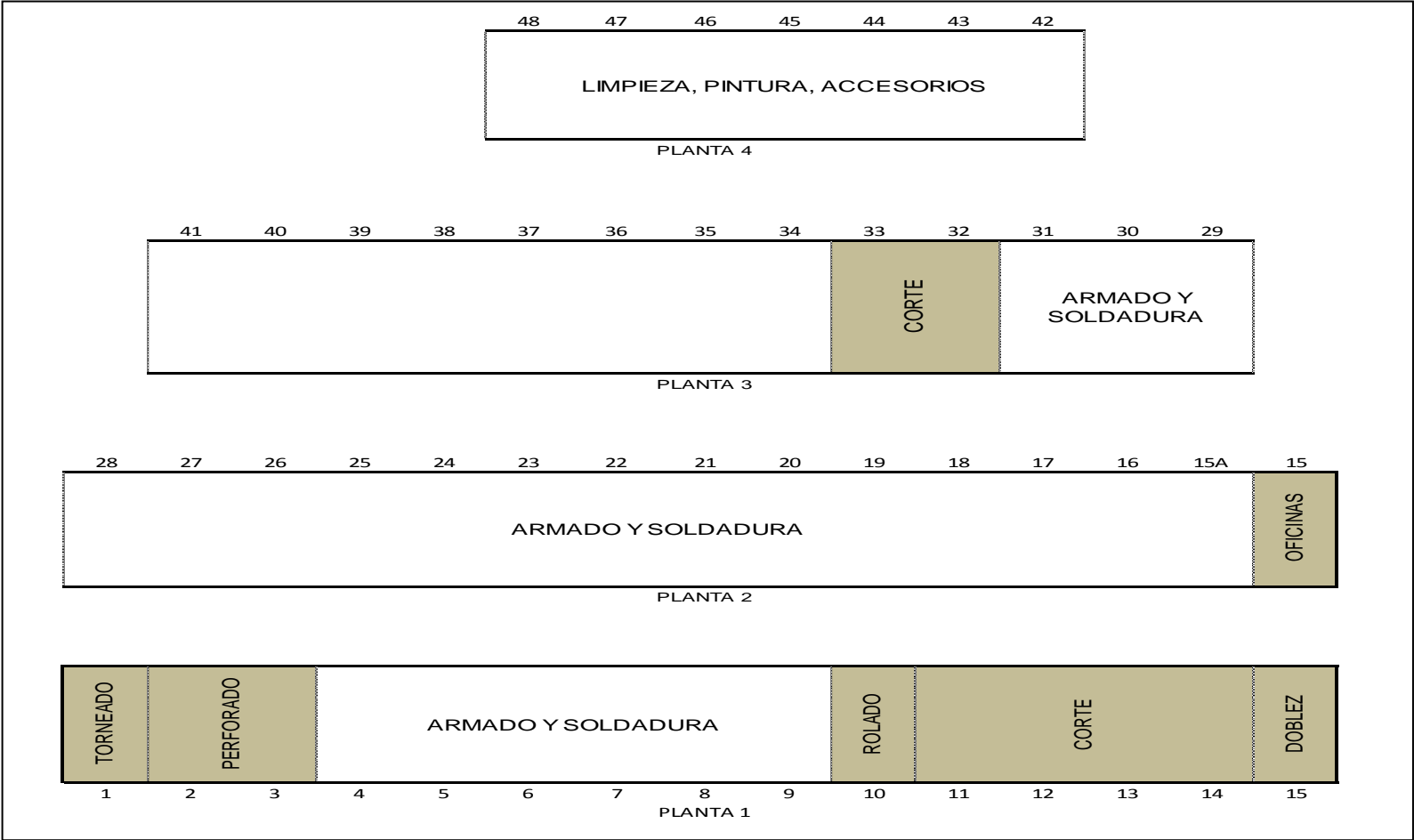


Ilustración 24: Procesos productivos.

Fuente: El autor.

Ilustración 25: Distribución física de planta.



Fuente: El autor.

11. METODOLOGIA

La finalidad de este trabajo es encontrar la forma de disminuir la variabilidad entre los costos de la mano de obra presupuestada y los costos reales empleados en la fabricación de equipos para procesos industriales en una empresa metalmeccánica del Valle, para ello se realizaron un par de charlas a personas que tienen una amplia trayectoria en el sector metalmeccánico tanto desde el punto de vista de la fabricación como desde el punto de vista del usuario, posteriormente se evaluará el supuesto que existe una relación directa entre el peso de los equipos fabricados y la cantidad de horas hombre empleados en su fabricación, dicha relación se buscará utilizando una regresión lineal simple en donde hay una sola variable de regresión independiente "x" y una sola variable aleatoria dependiente "y" (Walpole, H, & L, 1999), en la que se evaluará el coeficiente de correlación entre las dos variables, de encontrarse una relación se obtendría una ecuación que permitirá calcular la cantidad de horas hombres requeridas para fabricar los equipos en la empresa de estudio, las cuales se multiplicarían por la tasa de mano de obra de la empresa para poder determinar los costos totales de mano de obra; con toda esta información y la revisión bibliográfica recopilada se procederá a definir cuál es la propuesta de herramienta para que la empresa pueda calcular los costos de mano de obra y disminuir su variabilidad entre los costos reales y los presupuestados.

Para realizar diseño de la herramienta se tuvo en cuenta los aspectos relevantes encontrados en las charlas con las personas de amplia experiencia en el sector metalmeccánico para las cuales se realizó un cuestionario tenido en cuenta algunas recomendaciones de autores como Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2010) y los aspectos importantes que considera el coordinador de producción en el momento de realizar una estimación de costos. Esto dio como resultado realizar una división muy general de los procesos de fabricación que se llevan a cabo en la planta como lo son máquinas, armado, soldadura y pintura, posteriormente, se revisó si estos procesos a su vez se subdividían en otros procesos o centros de trabajo, hasta llegar a aquellos procesos o actividades en los cuales la organización tenía información de sus rendimientos de mano de obra en relación a los kilogramos procesados; estos rendimientos fueron calculados por la compañía a través del tiempo en las diferentes fabricaciones de equipo, sin embargo no eran tenidas en cuenta en el momento de realizar una estimación de la mano de obra; igualmente se realizaron reuniones con el personal de talento humano, con el fin de conocer cuál era el esquema de pago de los salarios, prestaciones y otros conceptos de ingresos para el personal de planta que se considera mano de obra directa; estas reuniones permitieron establecer los costos de hora hombre por oficio en cada uno de los centros de trabajo. Al obtener esta información se ubicó los oficios típicos en cada centro de trabajo, y de acuerdo a los rendimientos en kilogramos en cada centro de trabajo y el peso teórico del equipo en kilogramos se calcula el número de horas hombre requeridas para

fabricar un equipo las cuales son multiplicadas por el costo de hora hombre de cada oficio, posteriormente se incluyó un porcentaje de costo de actividades de alistamiento las cuales hacen referencia a aquellas actividades que si bien no realizan transformación a las materias primas de los equipos, son indispensables para su manipulación y transporte, por el ejemplo la fabricación de soportes, esta estimación se realizó según los rangos de peso de los equipos a fabricar.

Dado que la experiencia en el sector es un factor predominante, se presenta como alternativa la adición de algunas horas de trabajo solo en los centros de costo de armado y soldadura, ya que en estos a diferencia de los demás centros de trabajo influye considerablemente la habilidad, conocimiento y experiencia de la persona que va a realizar la labor y teniendo en cuenta que algunos equipos que se fabrican poseen gran cantidad de perforaciones (placas de calandria) que alteran el rendimiento del centro de trabajo taladros, por su exigencia, se realiza una consideración especial para aquellos equipos que poseen calandria haciendo mención a la cantidad de agujeros requeridos.

Por último, si existen proyectos que hayan sido adjudicados y ejecutados en su totalidad al terminar esta investigación se comparará los resultados reales obtenidos con los resultados de la herramienta y se calcularán las variaciones para ratificar el funcionamiento y la efectividad de la herramienta, de lo contrario se realizarán comparaciones con las estimaciones de costo de mano de obra de algunos proyectos que se cotizaron según la experiencia.

12. DESARROLLO DEL PROYECTO

12.1. VARIABLES QUE AGREGAN COSTO AL PRODUCTO

La empresa utiliza las órdenes de producción como sistema de costeo para cada proyecto, al cual se le asigna una cantidad de recursos de mano de obra para llevar a cabo las actividades necesarias para la culminación del producto; la mano de obra está contratada directamente por la empresa y genera costo tanto por los tiempos productivos como los improductivos, es decir que si el personal por ejemplo pasa una mañana asignada a la orden pero no realiza ninguna actividad por falta de energía, el tiempo que esas personas estuvieron ociosas es asignada a la orden de producción en la cual estaban laborando.

ORDEN DE PRODUCCION DE FABRICACION					
C.O. :				Número:	
Planificador:				Fecha :	
Instalación:				Estado:	
Referencia 1:					
Referencia 2:					
Referencia 3:					

INFORMACION SOBRE EL PEDIDO DE VENTA	
Pedido de venta N°:	Referencia:
Cliente:	Fecha:
Cant Ped Venta:	

ITEM A FABRICAR					
Item	Bodega	U.M.	Cant. Ord	F. E. PV	Ruta

Ilustración 26: Orden de producción.

Fuente: Sistema de información de la empresa de estudio, Abril 12 de 2014.

Además de los tiempos productivos que son aquellos en los cuales la mano de obra está realizando actividades de transformación a los materiales en una orden de producción, se presentan tiempos improductivos que generan costos y que se clasifican principalmente en:

Tiempos de espera de puente grúa.

Tiempos de espera de montacargas.

Tiempos de desplazamiento del personal.

Tiempos de espera por falta de información.

Tiempos de espera por falta de material.

Todos los anteriores tiempos generan costo el cual se carga a la orden de producción y se tiene en cuenta en el análisis final de la mano de obra. Sin embargo es de aclarar que no se deben tener en cuenta en la estimación inicial de mano de obra, debido a que son tiempos que se dan por la falta organización de las diferentes áreas que intervienen en el proceso productivo

La empresa utiliza un sistema de costos por órdenes de producción para la fabricación de equipos, los costos de materiales, mano de obra y algunos servicios de ser necesarios son cargados en cada una de las órdenes en la medida que se van ejecutando las actividades en cada equipo, permitiendo al finalizar el proyecto poder determinar los costos directos asociados a cada equipo fabricado.

12.2. FUENTES PRIMARIAS

Una entrevista no estructurada, es una modalidad donde se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente, es por eso que el entrevistador debe poseer una gran habilidad para formular las interrogantes sin perder coherencia (Arias, 2006). En una entrevista realizada a un ingeniero mecánico con más de 20 años entre empresas, en donde se emplean equipos para procesos industriales y donde se fabrican estos equipos, el entrevistado manifiesta que en una cotización la estimación de la mano de obra es uno de los elementos del costo en los que se debe tener más consideraciones cuando no se tienen datos históricos y para realizar una estimación adecuada se debe tener en cuenta el horario en el cual se va a realizar la construcción, si es en horario normal, en turno nocturno o festivo, igualmente el nivel de especialización de las personas que van a intervenir; otras variables a tener en cuenta es la especificación con la cual solicita el cliente la fabricación, el tipo de material, si el equipo se va a fabricar en acero al carbono, acero inoxidable etc; la experiencia en la fabricación de productos metalmecánicos también es considerado como un elemento importante, ya que piensa que si no se ha tenido contacto directo con el proceso productivo el margen de error en la estimación puede ser muy alta; igualmente las experiencias de anteriores fabricaciones son tenidas en cuenta en la estimación. El ingeniero manifiesta que hace algunos años en las empresas que él ha laborado no se preocupaban por las variaciones entre los costos reales y los presupuestados, solo se preocupaban por el margen de utilidad, si estaba dentro de las expectativas de la empresa no se realizaban más análisis, probablemente no existían las herramientas que hoy

existen; aclara que los tiempos perdidos no son tenidos en cuenta en la estimación, solo se calcula un porcentaje de imprevistos pero aplican para todo el proyecto; por último él cree que puede concluir a través de su experiencia y los resultados de los proyectos que él ha liderado que si existe una relación entre el peso de los equipos industriales y la cantidad de mano de obra requerida para fabricarlos.

En una segunda entrevista no estructura con otro ingeniero mecánico con más de 15 años de experiencia en la fabricación de equipos metalmecánicos, expresa que el cálculo de mano de obra se debe realizar iniciando con una lista de actividades a realizar por equipo, para lo cual se debe separar las partes del equipo a fabricar calculando el número de personas requeridas para elaborar cada parte y estimar las horas hombre necesarias, él cree que se deben considerar un porcentaje de tiempos perdidos debido a la espera de puente grúa, la falta de material y las pruebas del equipo, este porcentaje se considera entre un 5% y un 7%. La gran diferencia entre una planta y otra es la productividad que pueda lograr, esas toneladas por hora que pueda procesar, el ingeniero considera que el área de ingeniería debe realizar las estimaciones de mano de obra y en general las cotizaciones y los presupuestos, a partir de la información recibida por el cliente y teniendo en cuenta los rendimientos de cada máquina por hora la cual proviene de los catálogos de las máquinas, si esta información no existe, debe ser construida a través de las experiencias de las diferentes fabricaciones; para el armado de los equipos es necesaria la experiencia del encargado de producción para determinar los tiempos de procesamiento, a tal punto que este cálculo se puede volver intuitivo, al determinar las horas hombre por tonelada procesada, lo que se conoce como índices que deben construirse recolectando información de los eventos que suceden en la planta. Los principales factores que pueden influir en el aumento de la mano de obra que algunas veces no son considerados en los presupuestos de mano de obra son: los reprocesos por fallas de material, la falta de mano de obra especializada, específicamente los soldadores que pueden verse reflejados en errores de aplicación de soldadura que pueden estimarse entre un 2% y un 4% y por último los reprocesos de pintura, y los factores que se debe considerar al estimar la mano de obra es la tecnología de la cual se dispone ya que afectara los rendimientos en los centros de trabajo y por ende los tiempos empleados. La mano de obra es tan importante en los procesos de fabricación, que existen personas dedicadas a calcular este rubro, debido a que se convierte en una especialidad gracias a la variedad de productos que se deben fabricar.

En la literatura revisada sobre la estimación de la mano de obra en empresas metalmecánicas no se encontró mucha información, sin embargo, la que se encontró, como por ejemplo el estudio realizado por Mejía Hoyos, Galeano, & Uriel Hoyos (2009), los autores encuestaron doce empresas metalmecánicas del área metropolitana Pereira-Dosquebradas para concluir que las empresas calculan los costos de producción mensualmente para tener un mejor control de los tres elementos del costo: materia prima, mano de obra y costos indirectos de

fabricación y lo hacen por tipo de producto a través de órdenes de producción (el 75%), solo 3 empresas utilizan el costeo ABC, el cual es considerado un sistema más complejo y que no se ajusta a los procesos de producción específicos. Teniendo en cuenta lo encontrado en el anterior estudio se revisó la investigación de Aranda Aguilar, Gelista Leal, Gutiérrez Díaz, Medina Arias, & Robledo Cruz (2012), en la que plantean que el sistema de costos ABC conviene aplicarlos en empresas en las que los costos indirectos son una parte importante de los costos totales, en las que los costos indirectos se imputen a los productos de manera arbitraria, en las compañías en las que existe un gran número de canales de distribución y de compradores que provocan la necesidad de acometer actividades de ventas muy diferenciadas

12.3. PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DATOS

En esta investigación se plantea como posible solución a la estimación de los costos de la mano de obra verificar si existe una relación entre el peso de cada uno de los equipos con el número de horas hombre requeridas para fabricarlo para realizar dicha verificación se analizó la siguiente información:

12.3.1. Población

Ordenes de producción de equipos para procesos industriales que se ejecutan en una empresa metalmecánica del Valle.

12.3.2. Muestra

Para esta investigación se tomó una muestra que cubre las órdenes de producción de equipos para procesos industriales utilizados para la contención o transformación de materias primas fabricados entre Enero del 2008 y Diciembre del 2013 y de los cuales el departamento de Ingeniería poseía información sobre el peso de cada equipo fabricado, el tamaño de la muestra es 32.

12.3.3. Unidad muestral

La unidad muestral es la fabricación de equipos para procesos industriales de una empresa metalmeccánica del Valle.

Teniendo en cuenta que se supone una relación entre el peso del equipo y las horas hombre requeridas para la fabricación del mismo se plantea realizar una regresión lineal en la cual se utilice como variable dependiente el número de horas y como variable independiente el peso del equipo en kilogramos.

Variables a analizar y variables de interés.

VARIABLE	TIPO		U.M.
Clasificación particular	Cualitativa	Nominal	N/A
O.P. Número	Cualitativa	Nominal	N/A
Descripción ítem	Cualitativa	Nominal	N/A
Horas hombre	Cuantitativa	Continua	Horas
Peso unitario	Cuantitativa	Continua	Kilogramos

Tabla 2: Variables a analizar y variables de interés.

Fuente: El autor.

12.4. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE INTERES

Para iniciar se decidió realizar un diagrama de dispersión de las dos variables de interés (Peso del equipo en kilogramos y números de horas ejecutadas), para ver si su comportamiento podría reflejar el de una línea recta.

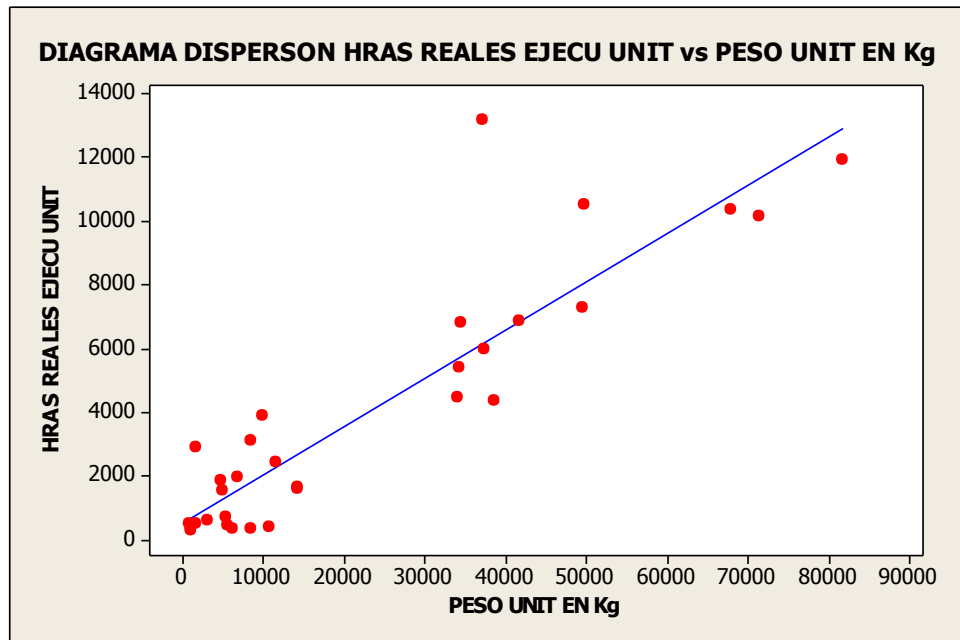


Ilustración 27: Diagrama dispersión horas reales ejecut unit vs Peso unit (kg).

Fuente: El autor.

Como se puede apreciar en la anterior figura los puntos no necesariamente muestran una tendencia lineal dado las diferencias en peso significativas entre un equipo y otro, por lo cual se decide seguir evaluando las variables de interés.

12.4.1. Horas reales ejecutadas unitarias

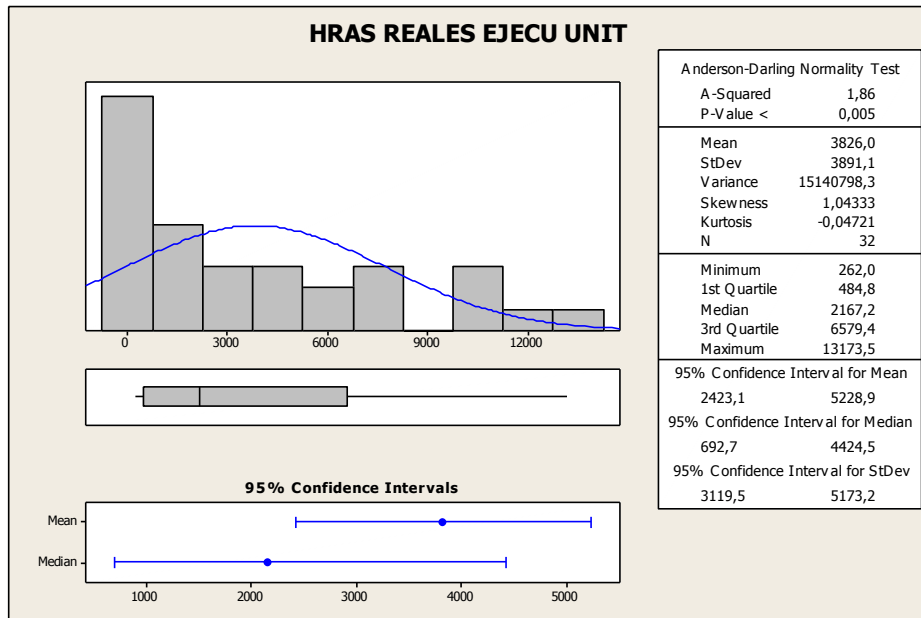


Ilustración 28: Horas reales ejecutadas unitarias.

Fuente: El autor.

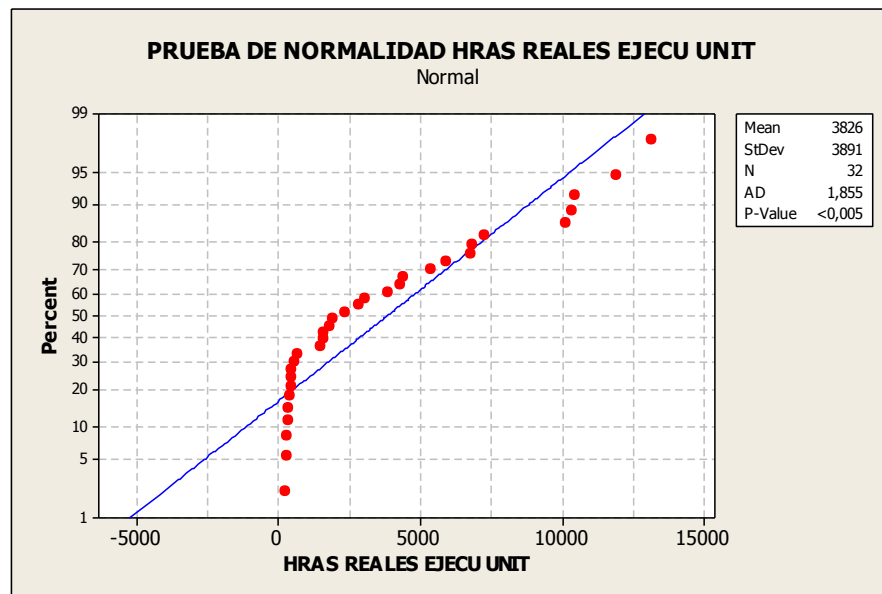


Ilustración 29: Prueba de normalidad horas reales ejecutadas unitarias.

Fuente: El autor.

Como se puede apreciar en las dos anteriores gráficas, las barras de distribución acumulada no presentan una distribución uniforme (una curva normal), lo cual se ratifica en la gráfica de la prueba de normalidad cuyo resultado del valor P es inferior 0,05 lo que demuestra evidencia de que las horas reales ejecutadas unitarias no se comportan de manera normal y se puede deber en gran parte a la variedad de espesores y componentes internos entre un equipo y otro.

12.4.2. Peso unitario en kilogramos

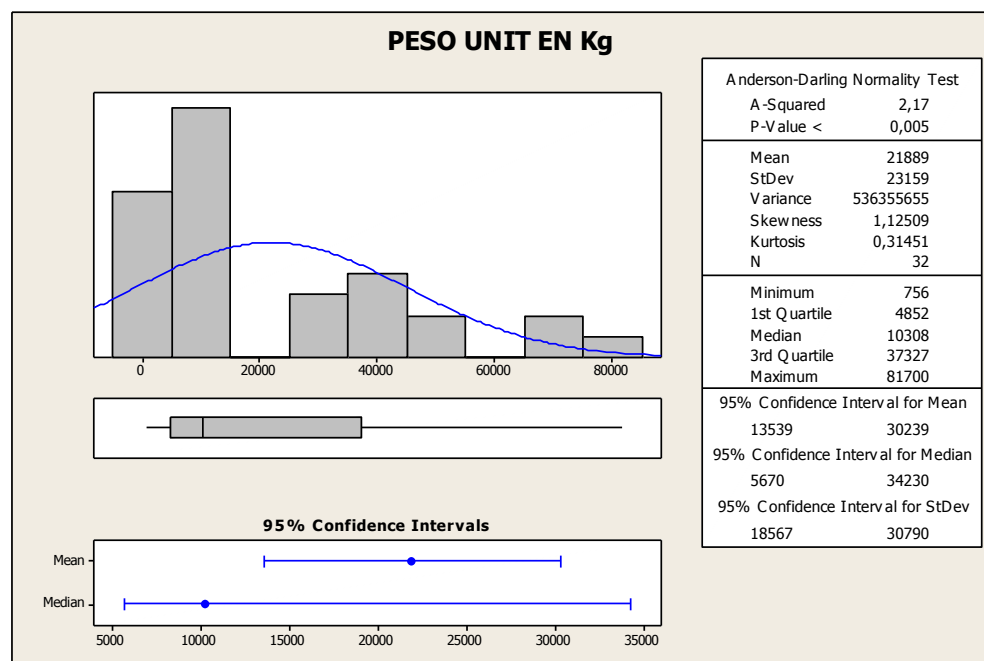


Ilustración 30: Peso unitario en kilogramos.

Fuente: El autor.

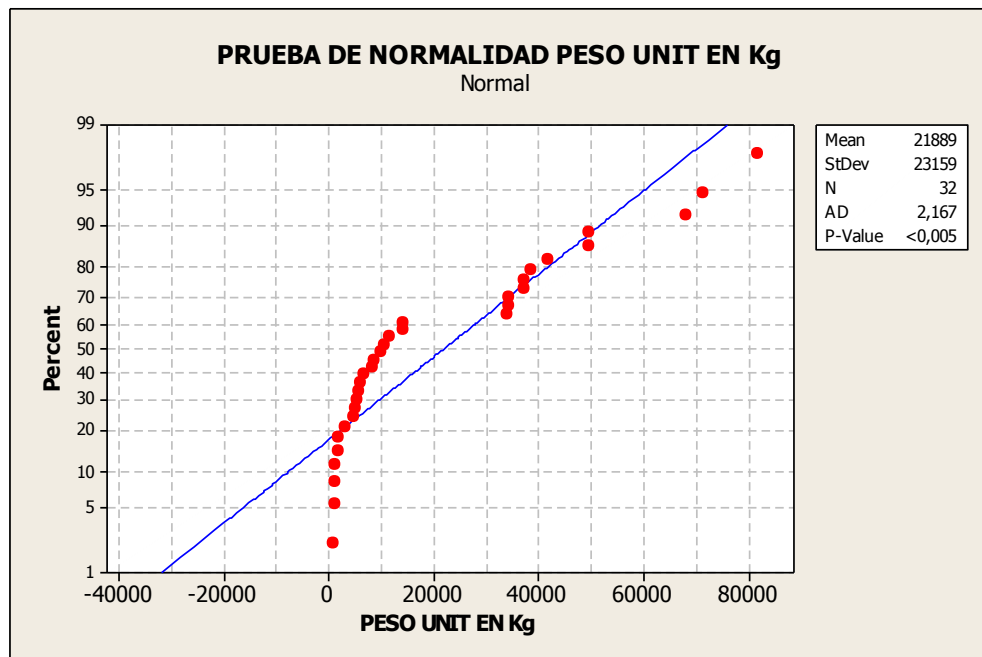


Ilustración 31: Prueba de normalidad peso unitario en kilogramos.

Fuente: El autor.

Al igual que en la variable horas ejecutadas unitarias, en el peso unitario de kilogramos las barras de distribución acumulada no presentan una distribución uniforme (una curva normal), lo cual se ratifica en la gráfica de la prueba de normalidad cuyo resultado del valor P es inferior 0,05 lo que muestra evidencia de que el peso unitario en kilogramos de equipos para procesos industriales no se comportan de manera normal, esto puede ocurrir debido a las diferentes capacidades de cada equipo y los espesores de lámina utilizados en su fabricación.

Si existiese una relación entre las variables de interés, lo que se busca es encontrar una forma de calcular la cantidad de horas requeridas para fabricar un equipo para procesos industriales de una manera más rápida y acertada, sin tanta incertidumbre como se realiza en este momento, para poder multiplicarlas por la tarifa de la hora hombre establecida por la empresa, esto podría mejorar los tiempos de respuesta a las cotizaciones del departamento comercial.

Al analizar las horas incurridas en las órdenes de producción ejecutadas entre Enero del 2008 y Diciembre del 2013 y de las cuales se tenía información en el departamento de ingeniería, se trató de realizar una regresión lineal simple, obteniendo los siguientes resultados:

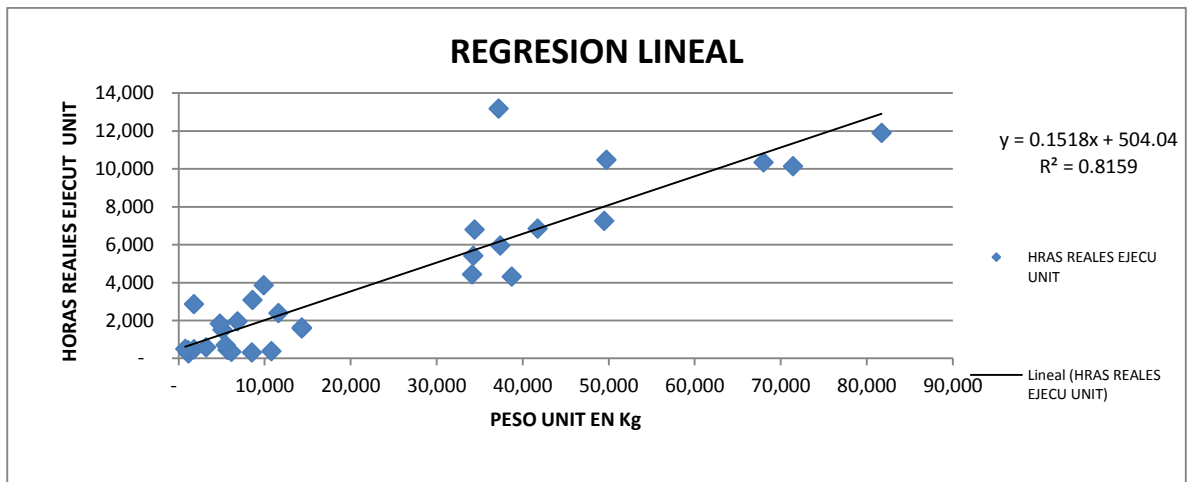


Ilustración 32: Regresión lineal.

Fuente: El autor.

El diagrama anterior muestra una tendencia lineal ($R^2 = 81,59\%$), lo que determina una relación entre el peso unitario en kilogramos de equipos para procesos industriales y las horas reales unitarias ejecutadas en cada orden de producción, esta tendencia se ve reflejada en la recta graficada la cual tiene una pendiente positiva, es decir existe una relación directa entre las variables.

La fórmula para este modelo sería:

$$\hat{y} = 0.151766686 + 504,0375658\hat{x}$$

$$\text{Horas reales ejecutadas unit} = 0.151766686 + 504,0375658(\text{Peso unitario en Kg})$$

Según la ecuación por cada kilogramo adicional en el peso de un equipo, el número de horas promedio requeridas para fabricar un equipo aumenta 0.151766686 horas.

El coeficiente de correlación es del 81,59%, lo cual refiere una relación entre el peso unitario en kilogramos de un equipo para procesos industriales y las horas requeridas para su fabricación en una empresa metalmecánica del Valle.

Teniendo en cuenta que el $R^2 = 0,8159$, podemos afirmar que el 81,59% de la variación de y (horas reales ejecutadas unitarias) es explicado por x (peso unitario en Kilogramos de cada equipos).

12.4.3. Supuesto de linealidad

Teniendo en cuenta que:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Se desea probar que β_1 , es diferente de 0, con un $\alpha = 0,05$

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

Valor P = 0,000000000001498

Con este valor P, se puede afirmar que existe evidencia de relación lineal entre el peso unitario en kilogramos y las horas reales ejecutadas unitarias utilizadas en la fabricación de equipos para procesos industriales de una empresa metalmecánica del Valle.

12.4.4. Supuesto de normalidad para los residuos estándares.

Los residuales estándares del modelo son:

-1,05623757	-0,38374091
-0,14068826	-0,66143545
1,27255460	-0,68280754
-0,75565523	0,36798435
0,00775353	-1,24244132
0,24566742	4,23910359
0,14126242	1,11552473
-0,21100363	-0,46657406
-0,25188479	1,49200338
0,76790510	-0,24423429
-0,14071799	0,64158334
-0,17897135	-0,65454496
-0,17550977	-0,63356688
-0,31204067	0,07250236
-0,07345339	-0,89014734
-0,55389127	-0,78165992

Tabla 3: Residuos estándares modelo de regresión.

Fuente: El autor.

En la tabla anterior se observa un valor residual atípico 4,2391, el cual corresponde a la orden de producción F-2093, al investigar sobre la procedencia

de la información, se estableció que eran valores reales y no un error en la toma de información por lo cual los datos de peso y horas reales unitarios fueron tenidos en cuenta.

Al verificar el supuesto de normalidad para los residuos estándares del modelo de regresión de los costos de mano de obra y los costos de materiales se obtiene la siguiente gráfica:

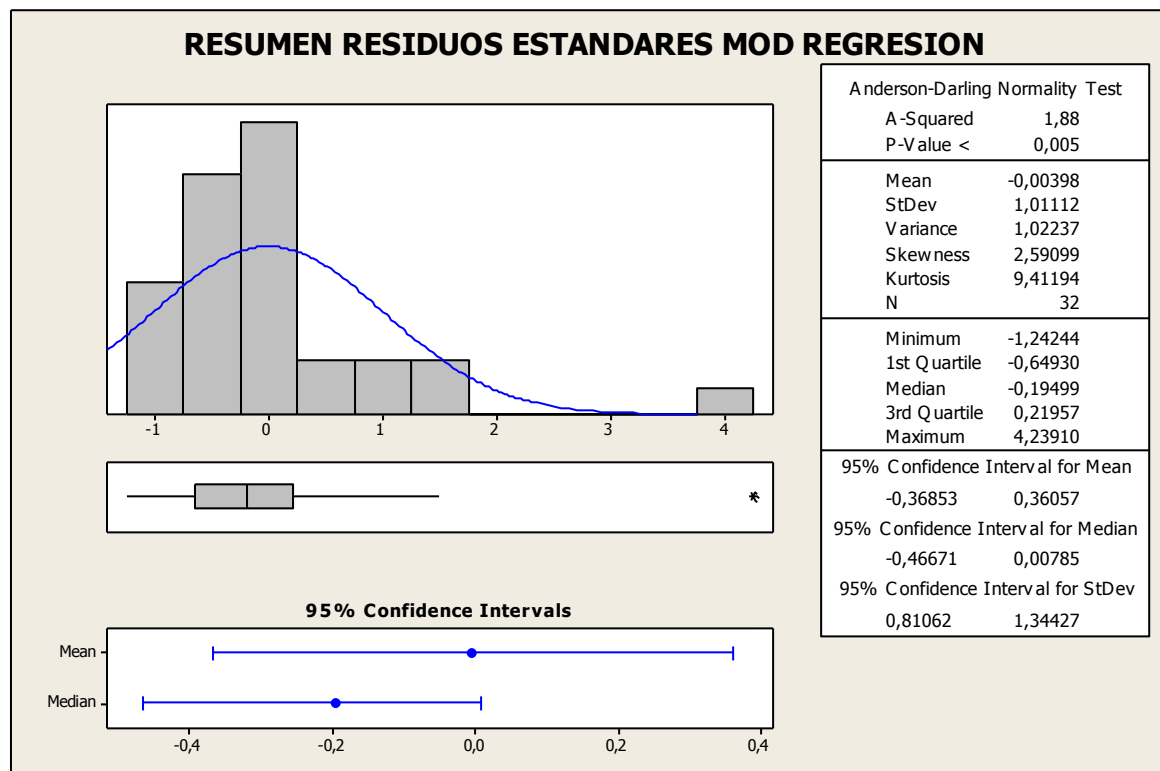


Ilustración 33: Resumen residuos estándares modelo de regresión.

Fuente: El autor.

En esta grafica se puede observar que el valor P, es menor que 0,05, ya que la gráfica muestra que es menor a 0,005, es decir que al realizar el supuesto de normalidad para los residuos estándares del modelo, estos no cumplen con el supuesto, por lo cual se decide transformar las variables y se obtienen las siguientes gráficas:

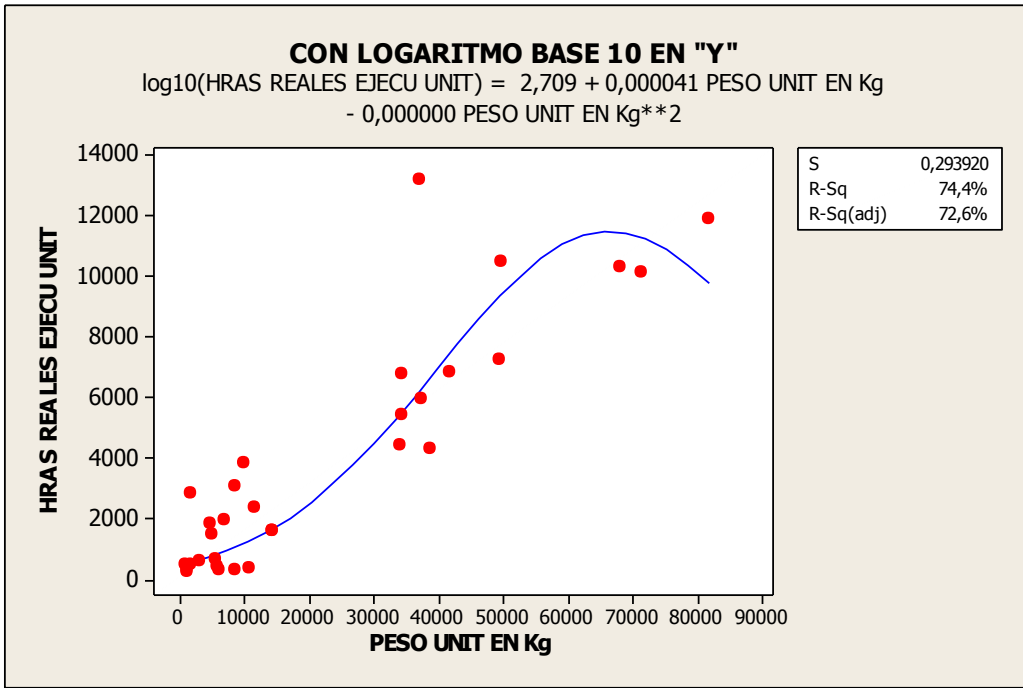


Ilustración 34: Modelo con logaritmo base 10 en "Y"

Fuente: El autor.

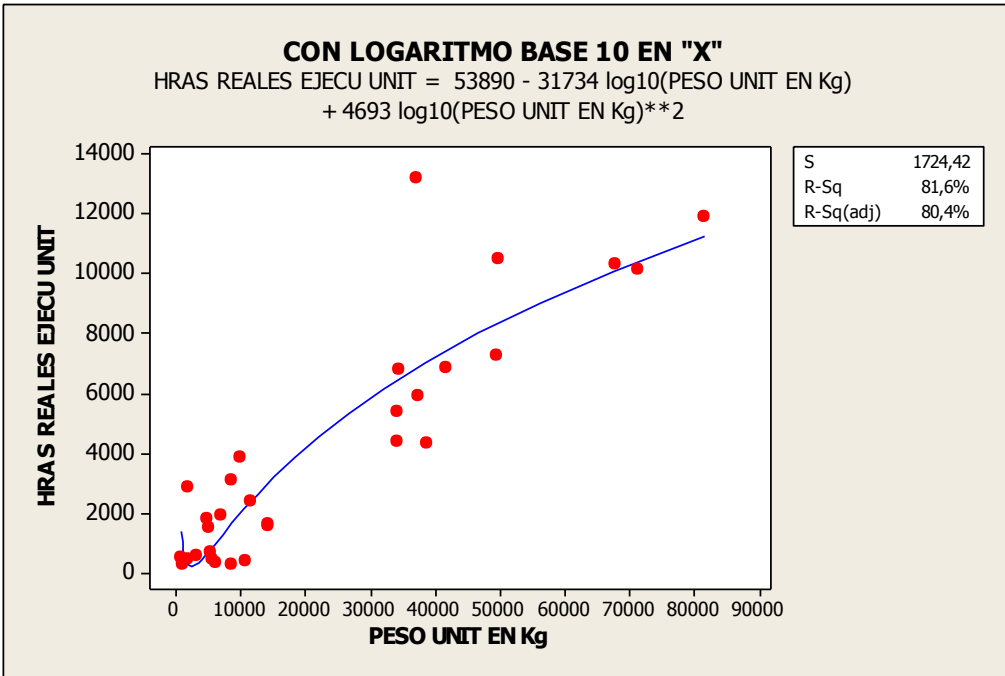


Ilustración 35: Modelo con logaritmo base 10 en "X".

Fuente: El autor.

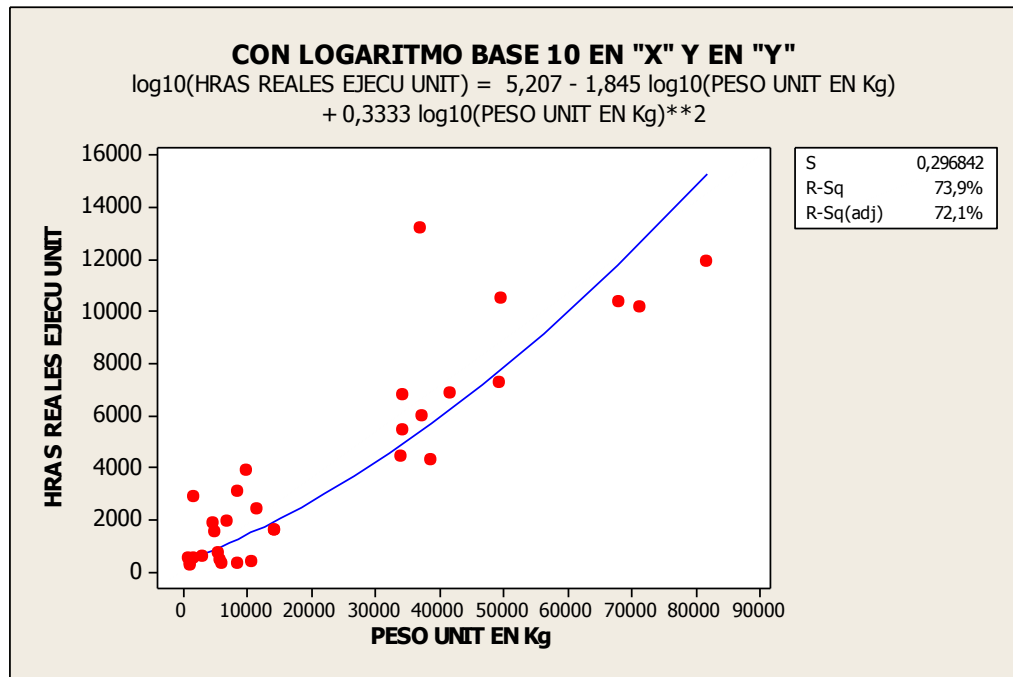


Ilustración 36: Modelo con logaritmo base 10 en "X" y en "Y".

Fuente: El autor.

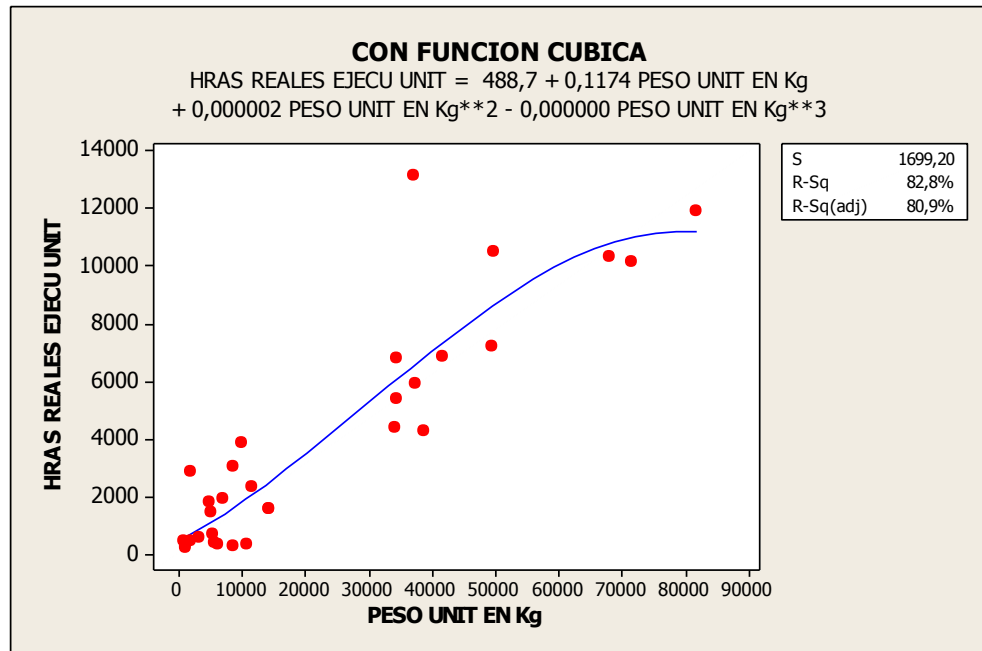


Ilustración 37: Modelo con función cúbica.

Fuente: El autor.

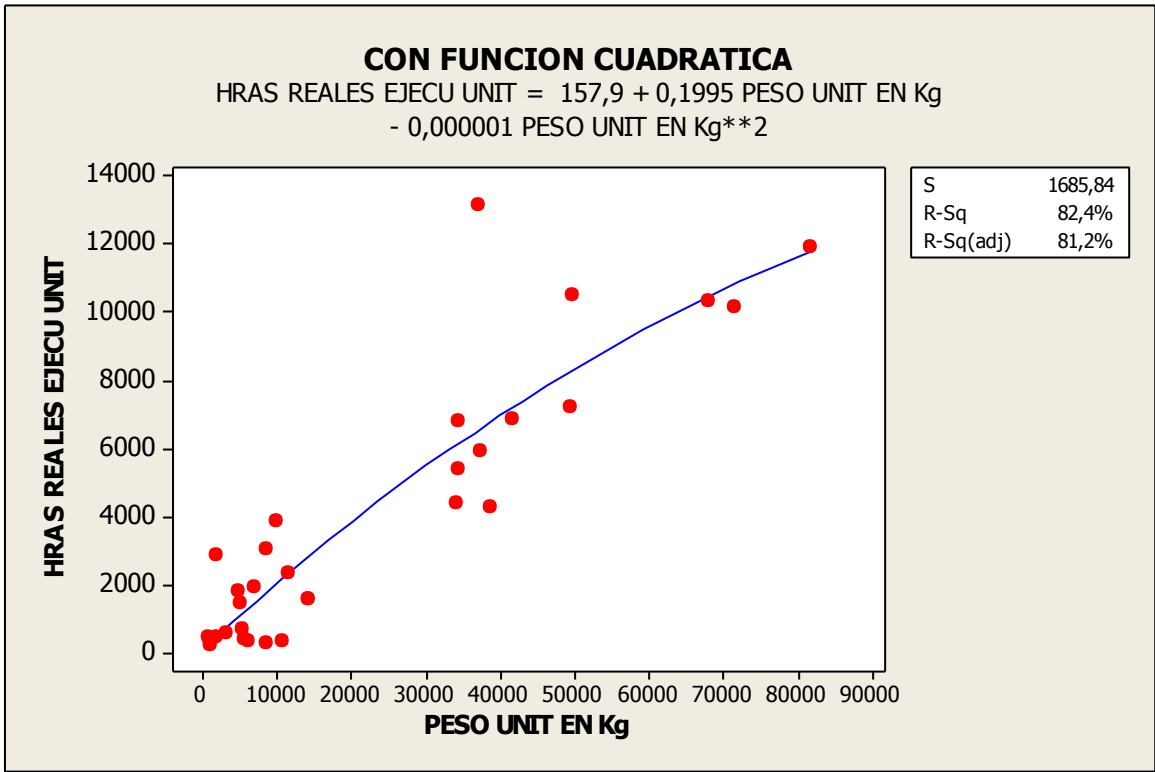


Ilustración 38: Modelo con función cuadrática.

Fuente: El autor.

Al revisar los posibles modelos obtuvimos los siguientes R² para cada uno de ellos:

MODELO	R ²
Modelo lineal.	81.59%
Modelo con logaritmo base 10 en "Y".	74,40%
Modelo con logaritmo base 10 en "X".	81.60%
Modelo con logaritmo base 10 en "C" y en "Y".	73.90%
Modelo cubico.	82,80%
Modelo cuadrático.	82,40%

Tabla 4: Coeficientes de cada modelo.

Fuente: El autor.

De acuerdo a la tabla anterior el mejor modelo sería el cubico con $R^2 = 82,80\%$ cuya fórmula es:

$$\text{Horas reales}^{\wedge} \text{ ejecu unit} = 488,7 + 0,1174 \text{ peso unit}^{\wedge} \text{ en kg} + 0,000002 \text{ peso unit}^{\wedge} \text{ en kg}^2 - 0,000000 \text{ peso unit}^{\wedge} \text{ en kg}^3$$

El coeficiente de correlación es 0,8280 el cual refiere una relación entre el peso unitario en kilogramos de un quipo y las horas reales ejecutadas unitarias requeridas para fabricar equipos para procesos industriales en una empresa metalmecánica del Valle.

12.4.5. Supuesto de normalidad para los nuevos residuos estándares.

Los residuales estándares para el nuevo modelo son:

-0,97832812	-0,29850957
-0,43182597	-0,57187425
1,34279200	0,86182024
-1,01206626	0,44842425
-0,34202032	-1,58456103
0,34064267	4,07414927
0,22389478	1,23429332
-0,18683959	-0,90813469
-0,22738639	1,15939670
0,87523076	-0,18326460
-0,11386113	0,42425099
-0,41917433	-0,59885159
-0,13659799	-0,57713388
-0,32516805	0,17205402
-0,05101985	-0,79799884
-0,46703838	-0,60906715

Tabla 5: Residuos estándares modelo cúbico.

Fuente: El autor.

Al verificar el supuesto de normalidad para los residuos estándares del nuevo modelo de regresión cúbico del peso unitario en kilogramos y las horas reales ejecutadas unitarias se obtiene la siguiente gráfica:

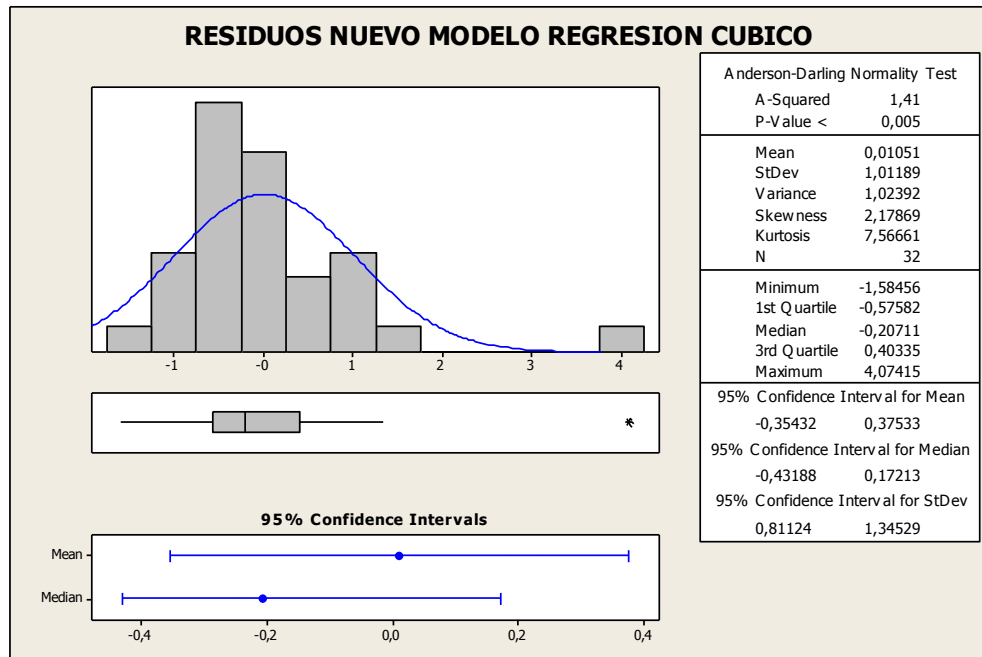


Ilustración 39: Residuos nuevo modelo de regresión cúbico.

Fuente: El autor.

En esta gráfica se puede observar que el valor P, es menor de 0,05, es decir que al verificar el supuesto de normalidad para los residuos estándares del modelo cubico, estos no cumplen con el supuesto de normalidad a pesar de que el R^2 , pasó de 81,59% a 82,80%. En el modelo lineal había un valor atípico, el cual se repite en el modelo cubico.

Teniendo en cuenta que el diagrama de dispersión de Regresión lineal, muestra dos grandes agrupaciones de las órdenes de producción según el peso (De 0 a 20.000 Kg y de 20.001 a 90.000 Kg), se decide realizar gráficos de dispersión, para observar si existía una relación entre estas dos variables observando su R^2 y considerando que el modelo cúbico fue el que presentó un mejor R^2 se ejecutan las ecuaciones para observarlas:

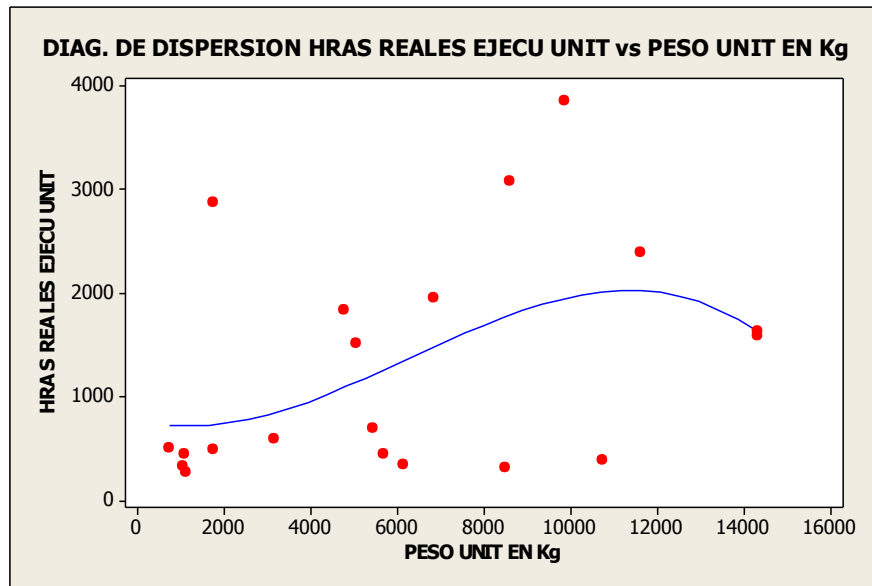


Ilustración 40: Diagrama horas reales ejecut unit vs Peso unit de 0 a 20.000 kg.

Fuente: El autor.

De 0 a 20.000 Kg, el modelo cúbico muestra la siguiente ecuación:

$$\hat{Hras\ reales\ ejecut\ unit} = 779,3 - 0,1066\ peso\ unit\ en\ kg + 0,000048\ peso\ unit\ en\ kg^2 - 0,000000\ peso\ unit\ en\ kg^3$$

Esa ecuación presenta un $R^2 = 0,195$

De 20.001 a 90.000 Kg, el modelo cúbico muestra la siguiente gráfica:

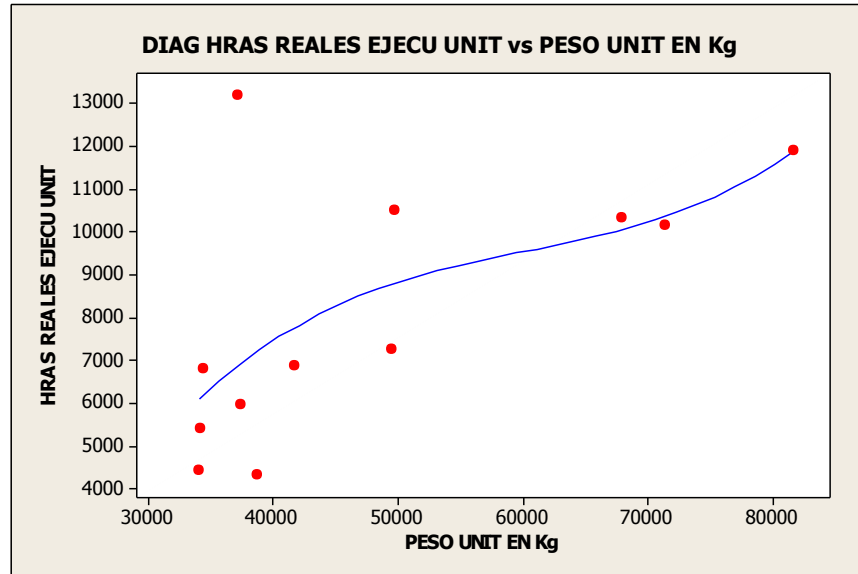


Ilustración 41: Diagrama horas ejecut unit vs Peso unit de 20.001 a 90.000 kg.

Fuente: El autor.

Esta gráfica genera la siguiente ecuación:

$$\hat{Hras\ reales\ ejecut\ unit} = -17464 + 1,227\ peso\ unit\ en\ kg - 0,000019\ peso\ unit\ en\ kg^2 + 0,000000\ peso\ unit\ en\ kg^3$$

Esa ecuación presenta un $R^2 = 0,404$

Como se puede observar en los R^2 resultantes de las dos ecuaciones son muy bajos, es decir que al separar los datos no se observa una relación entre las dos variables.

13.RESULTADOS

Del análisis estadístico se puede observar que al realizar la prueba de normalidad de las variables horas reales ejecutadas unitarias y el peso unitario en kilogramos los valores P, son inferiores a 0,05, es decir que no se comportan de manera normal, las razones podrían ser la variedad de espesores en los materiales, componentes internos, cantidades de material y formas de manipularlos en cada equipo.

Al realizar la regresión lineal entre las horas reales ejecutadas unitarias y el peso unitario en kilogramos de equipos para procesos industriales, se obtuvo un $R^2=81,59\%$, el cual es un coeficiente de correlación aceptable ya que el 81.59% de la variación de las horas ejecutadas unitarias es explicada por el peso en kilogramos de cada equipo.

El valor P del supuesto de linealidad es 0,00000000001498, lo que afirma que existe evidencia de relación lineal entre el peso unitario en kilogramos y las horas reales ejecutadas unitarias utilizadas en la fabricación de equipos para procesos industriales en una empresa metalmecánica del Valle. Sin embargo al evaluar el supuesto de normalidad para los residuos estándares el valor P, es menor que 0,05 con valor es 0,005, por lo cual no se cumple el supuesto de normalidad; dada esta última situación se transforma el modelo lineal buscando mejorar el valor del R^2 logrando subirlo un poco pasando de un 81,59% en un modelo lineal a un 82.80% en un modelo cúbico, el cual sigue siendo un R^2 solo aceptable.

De la información obtenida de las fuentes primarias, se encuentra concordancia en que la experiencia en el sector metalmecánico, más específicamente en el proceso productivo es indispensable para el cálculo de la mano de obra requerida para fabricar un equipos para procesos industriales. Igualmente existen otras variables a tener en cuenta como los horarios laborales, el grado de especialización de los colaboradores, la tecnología con la que cuenta la organización, los requisitos técnicos exigidos por el cliente y el evitar los reprocesos.

No se encontraron muchos estudios que trataran el tema de la estimación de la mano de obra en el sector metalmecánico, si bien muchos hablaban del sistema de costeo que utilizan las diferentes compañías no trataban el cómo debían calcular la mano de obra directa, es probable que se deba a la influencia del factor experiencia en este tipo de cálculos.

Buscando agilizar el proceso de estimación de mano de obra, buscando disminuir la variabilidad entre los costos presupuestados y los reales de mano de obra, buscando tener una base cuantitativa para calcular la mano de obra y tratando de

disminuir un poco el factor experiencia del cálculo, se propone una herramienta para la estimación de la mano de obra requerida para la fabricación de equipos para procesos industriales; esta herramienta tiene como bases, los costos reales de hora hombre por oficio, en cada uno de los centros de trabajo de la planta de fabricación de la empresa de estudio, el error de la pendiente de la ecuación de regresión y las capacidades de procesamiento de cada centro de trabajo en kilogramos, estas capacidades provienen de los registros históricos de la planta de fabricación en los diferentes proyectos en los que ha incurrido; se pretende integrar la información de los departamentos de nómina (diferentes oficios y salarios básicos), manufactura (tasa de producción en cada centro de trabajo), ingeniería (planos generales y pesos de los equipos) y comercial (especificaciones del cliente) en una sola tabla que determine el número de horas hombre necesarias para la fabricación de equipos empleados en procesos industriales y el costo que representan estas horas para que sean utilizados como presupuesto de mano de obra directa en la fabricación de equipos para procesos industriales.

Considerando el aporte realizado por las fuentes primarias consultadas respecto a la experiencia como un factor fundamental en los procesos de armado y soldadura se consideró dejar un factor que puede estar entre 0% y un 5% para los procesos de armado y soldadura, esta herramienta se realiza en Excel, con el fin de que pueda ser utilizada en cualquier computador de la compañía, como información de entrada solo requiere el peso del equipo en kilogramos, especificar si el equipo a fabricar requiere de una calandria el número de perforaciones a realizar y digitar de ser necesario los factores de experiencia de los procesos de armado y soldadura; la consideración de que si el equipo posee o no una calandria es debido al incremento considerable de horas hombre en el centro de trabajo taladros. La herramienta realiza los cálculos de la mano de obra directa, sin embargo no tiene en cuenta aquellas actividades que pueden generar costo pero que no aportan en la transformación directa de las materias primas como por ejemplo la fabricación de soportes, dispositivos para manipular partes del equipo etc; estas actividades se han considerado entre un 3% y 7% de acuerdo a información suministrada en la empresa de estudio.

Esta herramienta es un elemento de fácil utilización para cualquiera de los integrantes del departamento de manufactura, incluso podría ser utilizado por los ingenieros del departamento comercial, esto no solo permitiría agilizar la estimación de la mano de obra en la realización de presupuestos, sino que terminaría con la dependencia del cálculo de mano de obra de una sola persona en la organización, adicionalmente se está utilizando una base cuantitativa para determinar el costo de la mano de obra sin dejar de la lado la experiencia y teniendo en cuenta las eficiencias en cada centro de trabajo de la compañía acorde a su tecnología. Esta tabla considera que las actividades se realizarían solo en el turno diurno que tiene la compañía de estudio.

La información de salida es la cantidad de horas hombre requeridas para la fabricación de equipos para procesos industriales y el costo que representan dichas horas.

Esta herramienta no considera los tiempos perdidos o no productivos que se presentan en la planta de fabricación; actualmente en el costo real de la mano de obra, se incluyen los diferentes tiempos muertos que se presentan en la fabricación, ya sean por fallas de materiales, falta de información, espera de materiales, reprocesos por errores humanos, etc., los cuales no son diferenciados en el momento de realizar el cargue de costos a la orden de producción, razón por la cual los resultados reales de cada fabricación comparados con esta herramienta deberán ser depurados antes de desear realizar algún comparativo.

Con el fin de comparar los resultados de la nueva herramienta con respecto a los valores calculados por el Coordinador de producción, se presenta la siguiente tabla en donde se muestra los porcentajes de cada proceso calculados desde la experiencia y los calculados con la nueva herramienta, la columna “% PARTICIPACION EXPERIENCIA” son los que considera el Coordinador de producción de acuerdo a su experiencia y la columna “% PART HERRAMIENTA” son el resultado de la herramienta proveniente del cálculo de las capacidades de cada centro de trabajo y de acuerdo a la participación del número de horas.

GRUPOS	% PARTICIPACION EXPERIENCIA	% PART HERRAMIENTA
MAQUINAS	35%	22%
ARMADO	40%	44%
SOLDADURA	20%	31%
PINTURA	5%	4%
TOTAL	100%	100%

Tabla 6: Porcentajes de participación por procesos.

Fuente: El autor.

Esta herramienta solo es aplicable a la empresa de estudio, puesto que las eficiencias calculadas provienen de cálculos de los procesos productivos de la organización y su resultado es la combinación de su tecnología y del personal competente del que dispone, permitiendo disminuir considerablemente los tiempos de cálculo del costo de la mano de obra, el cálculo puede pasar de varios días a solo uno. La efectividad de esta herramienta solo puede ser evaluada al comparar los costos reales de mano de obra de un equipo adjudicado y ejecutado, (haciendo la diferenciación de los tiempos de reprocesos) con los resultados provenientes de la herramienta, sin embargo al término de esta investigación se han cotizado equipos pero aún no se ha ejecutado ninguno, por esta razón, se realizan

comparaciones de los valores de cotizaciones realizadas según la experiencia con los valores arrojados por la herramienta, de los cuales se obtuvo la siguiente tabla; esta herramienta es sometida a la revisión del coordinado de producción de la empresa de estudio y cree que puede ser muy útil para la respuesta oportuna los clientes y para lograr la las utilidades esperadas por la compañía.

EQUIPO	PESO X EQUIPO	EXPERIENCIA		HERRAMIENTA		VAR HORAS	VAR COSTO
		HORAS X EQUIPO	MOD TOTAL	HORAS X EQUIPO	MOD HTA		
FERMENTADOR	18,805	4,298	\$ 30,088,352	4,480	\$ 30,715,490	182	\$ 627,138
FERMENTADOR	7,164	1,637	\$ 11,462,229	1,707	\$ 11,701,139	70	\$ 238,910
TANQUE	13,816	3,158	\$ 22,105,728	3,292	\$ 22,566,482	134	\$ 460,754
TANQUE	19,957	4,561	\$ 31,930,496	4,755	\$ 33,228,962	194	\$ 1,298,466
TANQUE	4,759	1,088	\$ 7,614,096	1,134	\$ 7,772,798	46	\$ 158,702
TANQUE VINAZA	7,292	1,667	\$ 11,666,912	1,737	\$ 11,910,088	70	\$ 243,176
CONDENSADOR	5,603	1,281	\$ 8,965,008	1,335	\$ 9,151,867	54	\$ 186,859
TANQUE	20,103	4,595	\$ 32,164,000	4,789	\$ 33,471,962	194	\$ 1,307,962
EVAPORADOR	13,149	2,938	\$ 23,500,000	3,296	\$ 22,404,182	359	\$ (1,095,818)
TACHO	20,500	4,938	\$ 39,500,000	4,975	\$ 34,660,778	38	\$ (4,839,222)

Tabla 7: Comparativo MOD.

Fuente: El autor.

14. PASOS PARA UTILIZAR LA HERRAMIENTA

Para realizar el cálculo de la mano de obra se debe diligenciar un formulario llamado "MANO DE OBRA DIRECTA PARA EQUIPOS INDUSTRIALES" que contiene ocho campos de los cuales se debe ingresar datos a seis de ellos, los otros dos campos son de resultados, las casillas a llenar son las siguientes:

EQUIPO A UTILIZAR: En esta casilla se debe seleccionar el equipo que se desea cotizar.

EQUIPO A COTIZAR.....

Ilustración 42: Campo N°1 de la herramienta

Fuente: El autor.

OBSERVACIONES: Este es un campo alfanumérico en el cual se puede colocar la capacidad, el tamaño o cualquier aspecto importante del equipo.

OBSERVACIONES.....

Ilustración 43: Campo N°2 de la herramienta

Fuente: El autor.

PESO DEL EQUIPO (Kg): Se debe digitar el peso del equipo en kilogramos enviado por el departamento de comercial o de ingeniería.

PESO DEL EQUIPO (Kg).....

Ilustración 44: Campo N°3 de la herramienta

Fuente: El autor.

DIGITE EL NÚMERO DE PERFORACIONES SI EL EQUIPO TIENE CALANDRIA: Cuando el equipo a cotizar tiene una calandria, se debe digitar el número de perforaciones de las dos placas del equipo enviadas por el

departamento de comercial o de ingeniería; esta consideración especial se debe al aumento considerable de tiempo en el centro de trabajo de perforado cuando el equipo tiene este elemento, si el equipo no tiene calandria este campo se deja en blanco.

DIGITE EL NUMERO DE PERFORACIONES SI EL EQUIPO
TIENE CALANDRIA.....

Ilustración 45: Campo N°4 de la herramienta

Fuente: El autor.

% ADICIONAL EN ARMADO: Cuando se llega a este campo, los campos “TOTAL NÚMERO DE HORAS” y “TOTAL COSTOS”, mostrarán el número total de horas que se requieren para fabricar el equipo y el costo total correspondiente a estas horas calculado por la herramienta; la persona que está realizando la cotización de acuerdo a su experiencia debe observar estos dos valores y debe decidir si estima un tiempo adicional para el armado del equipo, este tiempo no debe exceder el 5%.

% ADICIONAL EN ARMADO.....

Ilustración 46: Campo N°5 de la herramienta

Fuente: El autor.

% ADICIONAL EN SOLDADURA: Al igual que en el campo anterior, una vez que se llegue a este campo, se debe tomar la decisión con base en la experiencia si se aumenta o se deja igual el número de horas hombre calculadas para la soldadura del equipo que se está cotizando, si se decide aumentar el número de horas el porcentaje máximo al igual que en el campo de "% experiencia en armado" no debe exceder el 5%.

% ADICIONAL EN SOLDADURA.....

Ilustración 47: Campo N°6 de la herramienta

Fuente: El autor.

TOTAL NÚMERO DE HORAS: Este campo no se debe diligenciar, puesto que en este campo se encuentra el primer resultado de la herramienta y corresponde a la sumatoria de horas hombre necesarias para fabricar el equipo proveniente de todos los centros de trabajo de la planta.

TOTAL NUMERO DE HORAS.....	0
----------------------------	---

Ilustración 48: Campo N°7 de la herramienta

Fuente: El autor.

TOTAL COSTO: Este campo tampoco se debe diligenciar, debido a qué es el resultado final de la herramienta, en él se presenta el costo total de mano de obra directa requerida para la fabricación de equipos para procesos industriales, este valor pertenece al costo de mano de obra de cada uno de los cargos que intervienen en cada uno de los centros de trabajo de la planta; este valor es el que se debe entregar al departamento comercial para la cotización del equipo.

TOTAL COSTO.....	\$ -
------------------	------

Ilustración 49: Campo N°8 de la herramienta

Fuente: El autor.

15. CARTA DE ACEPTACION

Santiago de Cali, Septiembre 23 del 2013

Señores:

MAESTRIA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
COMITÉ DE TRABAJO DE GRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD ICESI
CALI (V)

Ref: Aceptación de la dirección del trabajo de grado para optar el título en Maestría en Ingeniería Industrial con énfasis en operaciones.

La presente es para confirmar la aceptación como director de tesis de la propuesta de grado titulada **“PROPUESTA DE CALCULO DE HORAS HOMBRE PARA LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES EN UNA EMPRESA METALMECANICA DEL VALLE DEL CAUCA”** la cual será desarrollada por el estudiante Mauricio Angulo Ibarra.

Para ello se realizara el seguimiento respectivo por medio de reuniones y capacitaciones respectivas y se tendrán registros de dicho seguimiento.

Atte,



MEIR TANURA
C.C 16.712.566 de Cali (V)

Ilustración 50: Carta de aceptación

16. GLOSARIO

ACERO: Es una aleación o combinación de hierro y carbono en proporciones que oscilan entre 0,03% y 2% de carbono. Más del 98% del acero es hierro altamente refinado por lo tanto el acero es considerado como una “aleación ferrosa”, a diferencia de otros metales y aleaciones que no contienen hierro denominados “no ferrosos” (Comite siderúrgico colombiano, 2007).

GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACION: Son aquella parte del costo total de producción que no es directamente identificable con (o rastreable hacia) productos o trabajos específicos. Los gastos indirectos de fabricación se componen de: 1) material indirecto, 2) mano de obra indirecta (incluyendo salarios) y 3) todos los demás gastos misceláneos de la fábrica; como ejemplos de esta categoría de gastos están los impuestos, los seguros, la depreciación, los suministros generales, los servicios públicos (energía, gas, agua, teléfono, etc.) y las reparaciones (Welsch, Gordon, & Noverola, 2005).

MANO DE OBRA DIRECTA: Los costos de la mano de obra directa comprenden los salarios que se pagana a los empleados que trabajan directamente en una producción específica (Welsch, Gordon, & Noverola, 2005).

La mano de obra directa está constituida por la labor realizada por los empleados, operarios o personal contratado; ayuda a convertir, con o sin maquinaria y equipos de producción, los materiales directos en un bien económico terminado (Aguirre Flórez, 2004).

MATERIAL DIRECTO: Aquellos materiales y partes integrantes del producto terminado y que pueden identificarse de manera directa con (o rastrearse hasta) el costo unitario de los artículos terminados. El costo del material directo comúnmente es un costo variable, es decir, un costo que varía en proporción a los cambios en el volumen de la producción (Welsch, Gordon, & Noverola, 2005).

METALMECÁNICA: Se clasifican como empresas Metalmecánicas, todas aquellas que utilizan como materia prima dentro de sus procesos de transformación el metal, cualquiera sea su forma y proceso productivo (Serna Cock, 2002)

METALURGIA: Arte de extraer y labrar los metales. Se conoce como metalurgia a las industrias básicas de hierro y acero y las no ferrosas (Serna Cock, 2002).

COSTEO ABC: Mide el costo de los recursos utilizados por las actividades relacionadas con la producción, para luego asignar los costos a los productos utilizando conductores de costo (cost driver) o transacciones. El costeo ABC (Activity Based Cost) se basa en una idea sencilla: los productos causan actividades y estas actividades causan costos (Francisco & Luis, 2007).

DIAGRAMA DE DISPERSION: Es dibujar los puntos (x_1, y_1) $(x_2, y_2), \dots (x_n, y_n)$ en un sistema de coordenadas rectangulares (Murray, 1976).

CURVA DE AJUSTE: Del diagrama de dispersión es posible frecuentemente visualizar una curva que se aproxime a los datos, dicha curva se llama curva de aproximación. El problema general de hallar ecuaciones de curvas de aproximación que se ajusten a conjuntos de datos dados se denomina curva de ajuste (Murray, 1976).

REGRESIÓN: Uno de los propósitos principales de la curva de ajuste es estimar una de las variables (la variable dependiente) de la otra (la variable independiente). El proceso de estimación se conoce como regresión. Si “y” se va a estimar a partir de “x” por medio de alguna ecuación la llamamos ecuación de regresión de “y” sobre “x” y a la curva correspondiente curva de regresión de “y” sobre “x” (Murray, 1976).

17. CONCLUSIONES

Existe una relación entre el peso en kilogramos de los equipos y las horas hombre reales ejecutadas en su fabricación, pero no es tan determinante como para afirmar que se puede realizar el cálculo de la mano de obra requerida para la fabricación de equipos para procesos industriales con gran exactitud a partir del peso del equipo en una ecuación resultado de un análisis de regresión lineal en la empresa de estudio; si bien los equipos son muy similares en cuanto a forma, los accesorios, el volumen, el tipo de material y el espesor de los mismos pueden ser determinantes en el incremento o disminución de la cantidad de horas hombre a emplear y por ende en el costo de la mano de obra.

El uso de dispositivos utilizados para la manipulación y transporte de las piezas y componentes de los equipos a fabricar, pueden generar tiempos perdidos o manipulaciones excesivas que aumentan significativamente los costos disminuyendo las utilidades esperadas de la organización.

No existe una metodología estándar para calcular la mano de obra requerida para la fabricación de equipos para procesos industriales aplicable a todas las organizaciones metalmecánicas, si bien el producto a fabricar es el mismo, las condiciones con las que cuenta cada compañía: infraestructura física, métodos, maquinaria y productividad hacen la diferencia entre la cantidad de mano de obra que requiere una compañía para su proceso de fabricación, es por ello que la forma de calcular este rubro tan importante de la estructura de costos es particular para cada empresa, sin embargo sería interesante poder crear una herramienta que fuese aplicable a cualquier compañía, aislando los factores particulares como la tecnología e infraestructura.

La herramienta propuesta utiliza una base cuantitativa para el cálculo de la mano de obra que permite la integración de todas las áreas de la organización que se relacionan con el proceso productivo como son talento humano, comercial e ingeniería, áreas que se integraban perfectamente solo para la ejecución del proyecto y no para su planificación. Igualmente se disminuyen considerablemente los tiempos empleados para la estimación de la mano de obra.

La experiencia en la participación o seguimiento de los procesos productivos metalmecánicos juega un papel muy importante en el momento de realizar estimaciones de la mano de obra requerida para la fabricación de equipos para procesos industriales, no obstante se esperaría que las operaciones de fabricación se estandarizaran a tal punto que se tuviesen tasas de fabricación por tipo de producto, que faciliten la estimación de costos.

Se deben separar los costos productivos de los no productivos que se causan a cada orden de fabricación de la empresa de estudio con el fin de identificar sí

realmente las variaciones entre la mano de obra presupuestada y la real obedecen a los tiempos no productivos o a errores cometidos en el presupuesto de mano de obra; es muy importante buscar la forma de aislar todos los factores que puedan generar variaciones diferentes al curso normal del proyecto para poder evaluarlo.

Solo se podrán afinar los cálculos de mano de obra para cada proyecto en la medida que se logre la integración de todos los departamentos que interviene en los procesos productivos, incluyendo las áreas de apoyo.

El cálculo de la mano de obra requerida para la fabricación de procesos industriales a partir de la herramienta diseñada para la empresa de estudio es un procedimiento sencillo, ágil y confiable, que evita consumir grandes cantidades de tiempo y que se convierte en un arma contundente para que la compañía logre las utilidades esperadas en sus proyectos que le permitan mantenerse en el mercado.

18. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre Flórez, J. G. (2004). Sistema de costeo: La asignación del costo total a productos y servicios. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Aranda Aguilar, M. A., Gelista Leal, D., Gutiérrez Díaz, D., Medina Arias, L., & Robledo Cruz, E. G. (Agosto de 2012). Sistemas de costos en empresas de producción. Instituto politécnico nacional, México D.F., México.
- Arias, F. G. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. Caracas: Editorial Episteme, quinta edición.
- Bobadilla, V. (Diciembre de 2013). Procedimiento comercial, empresa de estudio, 18. Palmira, Colombia.
- Castañeda A, J. D. (2004). Valoración del estado actual de las pymes metalmeccánicas mediante la aplicación de la herramienta de diagnóstico logístico productivo en un piloto local. El hombre y la máquina(23), 42-51.
- Comite siderúrgico colombiano. (2007). La industria del acero en Colombia. Bogota: twodesignstudio.
- Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1991). Profit Priorities from Activity-Based Costing. Harvard Business Review(Mayo-Junio), 130-135.
- Francisco, J. B., & Luis, E. G. (2007). Costos industriales. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Giraldo Narváz, C., & Solarte Calderon, D. (Mayo de 2010). Re diseño de una herramienta para el costeo integral de operaciones en las empresas metalmeccánicas de nivel micro y pequeñas. Universidad Icesi, Cali, Valle, Colombia.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Icesi, Universidad. (2012). Nuestros profesores. Recuperado el 03 de 11 de 2013, de <http://www.icesi.edu.co/profesores/cv/meir-tanura>
- López Polania, J. M., & Quiñonez Castillo, R. (Junio de 2012). Herramienta de presupuesto de proyectos en una pyme del sector metalmeccánico de la ciudad de Cali. Universidad Icesi, Cali, Valle, Colombia.
- Mejía Hoyos, N., Galeano, J. A., & Uriel Hoyos, C. (2009). Procesos de costeo utilizados en empresas del sector metalmeccánico en el área metropolitana

Pereira-Dosquebradas. Universidad Católica Popular de Risaralda, Pereira, Risaralda, Colombia.

Murray, S. R. (1976). *Probalidad y estadística*. México: Mc Graw Hill.

Rodriguez Medina, G., Chávez Sánchez, J., Rodríguez Castro, B., & Chirinos Gonzáles, A. (2007). Gestión de costos de producción en el sector metalmeccánico de la región zuliana. *Revista de Ciencias Sociales*, 13(3), 455-467.

Saniuk Anna, S. S. (2011). Using activity based costing in the metal working processes. *Metal* 2011, 18-20.

Serna Cock, I. (2002). Caracterización ocupacional del sector metalmeccánico. Mesa sectorial metalmeccánica. Manizales.

Verlinden, B., Duflou, J., Collin, P., & Cattrysse, D. (2007). Cost estimation for sheet metal parts using multiple regression. *ScienceDirect*, 111(2), 484-494.

Walpole, R. E., H, M. R., & L, M. S. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. México: Prentice Hall Hispanoamerica S.A.

Welsch, G. A., Gordon, P. N., & Noverola, C. R. (2005). *Presupuestos. Planificación y control*. México: Pearson Educación México.

19. ANEXOS

19.1. PREGUNTAS DE CUESTIONARIO

Nombre:

Profesión:

Oficio:

Años de experiencia en el sector:

Empresas en las que ha laborado:

1. ¿Cuáles son las áreas funcionales en las que se ha desempeñado?
2. ¿Qué clase de equipos son los que fabrican en su empresa actual?
3. ¿Cómo realizan el presupuesto de costos en una cotización de una fabricación de equipos para procesos industriales?
4. De los tres elementos del costo (materiales, mano de obra y CIF), ¿Cuál cree usted que es el más complejo de estimar en un presupuesto para la fabricación de un equipo para un proceso industrial?
5. ¿Cuales creé usted que son las principales variables que se deben tener en cuenta en el momento de realizar un presupuesto de mano de obra para fabricar equipos para procesos industriales?
6. ¿Cree usted que el tipo de material influye en el aumento o disminución de la mano de obra?
7. ¿Cree que la experiencia es un factor fundamental a la hora de realizar un presupuesto de mano de obra para la fabricación de equipos metalmecánicos?
8. ¿Han tenido dificultades o variaciones importantes al comparar los costos reales de un proyecto con los costos presupuestados?

9. ¿Contemplan los tiempos perdidos en el momento de calcular la mano de obra para la fabricación de un equipo?

10. ¿Cree usted que el peso del equipo tiene algún tipo de relación con la cantidad horas necesarias para fabricar un producto?

19.2. IMAGEN DE LA HERRAMIENTA

MANO DE OBRA DIRECTA PARA EQUIPOS INDUSTRIALES	
EQUIPO A COTIZAR.....	<input type="text"/>
OBSERVACIONES.....	<input type="text"/>
PESO DEL EQUIPO (Kg).....	<input type="text"/>
DIGITE EL NUMERO DE PERFORACIONES SI EL EQUIPO TIENE CALANDRIA.....	<input type="text"/>
% ADICIONAL EN ARMADO.....	<input type="text"/>
% ADICIONAL EN SOLDADURA.....	<input type="text"/>
TOTAL NUMERO DE HORAS.....	<input type="text" value="0"/>
TOTAL COSTO.....	<input type="text" value="\$ -"/>

Ilustración 51: Herramienta.

Fuente: El autor.

19.3. SECUENCIA DE TRABAJO

Ilustración 52: Rolado de piezas.



Ilustración 53: Piezas roladas para conformar.



Ilustración 54: Piezas del cuerpo.



Ilustración 55: Armado del equipo.



Ilustración 56: Placa calandria para trazar.



Ilustración 57: Perforado de placa.



Ilustración 58: Placa perforada.



Ilustración 59: Armado de calandria.



Ilustración 60: Cuerpo armado.



Ilustración 61: Fondo armado.



Ilustración 62: Transporte de sub ensambles 1.



Ilustración 63: Transporte de sub ensambles 2.



Ilustración 64: Montaje del equipo.



Ilustración 65: Equipo montado antes de operación. A photograph showing the same industrial tank fully assembled and operational. A large plume of white steam or smoke is being emitted from a pipe on the right side of the tank. The tank is surrounded by a complex network of pipes and structural elements.



Fuente: El autor.